



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

*“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
RECOLECCIÓN DE ENERGÍA TERMOELÉCTRICO CON
MONITOREO REMOTO”.*

PRESENTA:

GONZALEZ GIRON NELSON

LARA MEZA JOSE MANUEL

ASESOR INTERNO:

DR. HÉCTOR RICARDO HERNÁNDEZ DE LEÓN

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Índice

	Pág.
Índice de figuras	3
Índice de tablas	4
Capítulo I	5
1.1 Resumen	6
1.2 Abstract	6
1.3 Justificación	7
1.4 Estado del arte	8
1.5 Antecedentes	15
1.6 Objetivos	16
1.6.1. Objetivo General	16
1.6.2. Objetivos Específicos	16
1.7 Lugar donde se desarrolla el	17
1.7.1 Historia del ITTG	17
1.7.2 Misión	18
1.7.3 Visión	18
1.7.4 Localización	18
1.7.5 Área específica relacionada con el proyecto	18
1.8 Problema a resolver	18
1.9 Cronograma	19
1.10 Metodología	20
1.11 Alcances y limitaciones	21
Capitulo II	22
2.1 Fundamento teórico	22
2.1.1 La termoelectricidad	22
2.2 Materiales termoeléctricos	22
2.2.1 Aplicaciones a bajas temperaturas	23
2.2.2 Aplicaciones a temperatura ambiente	23
2.2.3 Aplicaciones a temperatura intermedias	24
2.2.4 Aplicaciones a altas temperaturas	24
2.3 Módulos termoeléctricos	25
2.4 Programación en Arduino	26
2.4.1 Arduino Uno	26
2.4.2 Características	27
2.4.3 Entradas/Salidas digitales y analógicas	27
2.4.4 Tipos de datos	28
2.4.5 Funciones de tiempo	28
2.5 LABVIEW	28
2.6 Convertidor boost	29
2.6.1 Configuraciones de un Convertidor Boost	30
2.6.2 Modo continuo	31
2.6.3 Modo descontinuo	33
2.6.4 Aplicaciones	34
2.7 Disipadores de calor líquidos	34
2.8 Celda Peltier TEG SP1848-27145	35
Capitulo III	Pág.

3.1	Desarrollo e implementación del proyecto	36
3.1.1	Interfaz gráfica hecha en LABVIEW	36
3.1.2	Estructura de disipador	43
3.1.3	<u>Convertidor boost</u>	44
3.1.4	Análisis de los datos finales	48
3.2	Conclusión	51
3.3	Referencias	52
3.4	anexos	53

Índice de figuras

	pág.	
2.1	Principio termoelectrico	22
2.2	Grafica de mérito de diferentes materiales termoelectricos	23
2.3	Estructura interna de un módulo termoelectrico comercia	25
2.4	Configuración principal de un módulo termoelectrico	25
2.5	Elementos de la placa Arduino Uno	26
2.6	Esquema básico de un convertidor Boost. El interruptor suele ser un MOSFET, IGBT o BJT.	29
2.7	La energía se transfiere de la fuente a la bobina y del condensador a la carga	30
2.8	La energía se transfiere de la fuente y de la Bobina al condensador y a la carga.	30
2.9	Formas de onda de corriente y voltaje en un convertidor Boost operando en modo continuo	32
2.10	Formas de onda de corriente y voltaje en un Convertidor boost operando en modo discontinuo	33
3.1	Panel de monitoreo de voltaje y corriente	37
3.2	Panel de monitoreo de temperaturas en los TEGS	38
3.3	Comunicación de los puertos en LABVIEW	38
3.4	Acondicionamiento de señal para mejor resolución	39
3.5	Conversión de datos para identificarlos	39
3.6	Bloque que combina las señales	39
3.7	Configuración del bloque de escritura	40
3.8	Herramienta de publicación	41
3.9	Creación de archivo .EXE para instalador	41
3.10	Configuración de rutas de instalación para el instalador con NI VISA	41
3.11	Instalación de la aplicación	42
3.12	Base de disipador de calor	43
3.13	disipador y su croquis de diseño	43
3.14	pasa muros y tapa de disipador	44
3.15	Disipador ensamblado	44
3.16	Circuito del convertidor boost	46
3.17	Gráfica del convertidor boost	46
3.18	Circuito armado en protoboard del convertidor boost	47

3.19	Circuito impreso en 3D	47
3.20	Placa fenólica	48

Índice de tablas

		pág.
2.1	Valores de resistividad eléctrica, coeficiente de Seebeck y conductividades térmicas de diversos materiales termoeléctricos a diferentes temperaturas de servicios	24-25
2.2	Características de la placa Arduino Uno	27
3.1	Monitoreo de de temperaturas(°C) corriente y voltaje	48
3.2	Monitoreo acercándose a los 100°C	49
3.3	Monitoreo acercandoce a los 150 grados	50
3.4	Costos	54

Capítulo I

1.1 Resumen

En el presente reporte se documentará el proyecto de residencia el cual tiene por nombre “Diseño y construcción de un sistema de recolección de energía termoeléctrico con monitoreo remoto”, el cual tiene como objetivos desarrollar un prototipo funcional para la recolección de energía generada mediante un par termoeléctrico (TEG´S), realizar diferentes configuraciones en la conexión en los “TEG´S”, busca la producción de energía eléctrica a partir de calor residual de diferentes aplicaciones, así como su interfaz remota aplicando internet de las cosas.

Para llevar a cabo la adquisición de datos, se utiliza un detector de temperatura de resistencia de platino con el fin de obtener la magnitud física mediante a una conversión de un divisor de voltaje que nos da la relación de temperatura-voltaje de la superficie caliente Por consiguiente, estos datos se monitorizan por una interfaz en LABVIEW conectada a su vez mediante una tarjeta de adquisición de datos Arduino. Previamente se habrá diseñado una estructura de enfriamiento donde se ubicarán cuatro celdas TEG´S, constituidas cada una por un par de disipadores, un aislante térmico que se coloca entre la celda y el disipador, y un enfriamiento pasivo construido a base de aluminio y relleno de agua para conservar una temperatura fría en la parte donde se disipe calor para evitar un exceso de temperatura en la celda.

1.2 Abstract

This report will document the residency project which has the name "Design and construction of a thermoelectric energy collection system with remote monitoring", which aims to develop a functional prototype for the collection of energy generated by a pair thermoelectric (TEG'S), make different configurations in the connection in the "TEG'S", seeks the production of electrical energy from residual heat of different applications, as well as its remote interface applying internet of things.

To carry out the data acquisition, a platinum resistance temperature detector is used in order to obtain the physical magnitude through a conversion of a voltage divider that gives us the temperature-voltage ratio of the hot surface. consequently, this data is monitored by an interface in LABVIEW connected in turn by means of an Arduino data acquisition card. Previously, a cooling structure will have been designed where four TEG'S cells will be located, each consisting of a pair of heatsinks, a thermal insulator that is placed between the cell and the heatsink, and a passive cooling built with aluminum and water fill to conserve a cold temperature in the part where heat is dissipated to avoid an excess of temperature in the cell.

1.3 Justificación

Actualmente existen diferentes procesos industriales que liberan energía en forma de calor, la cual es desperdiciada ya que no se aprovecha, con la finalidad de recolectar cierta cantidad calorífica de dichos procesos y convertirla en energía eléctrica se pueden utilizar sistemas de recolección de energía termoeléctricos.

Con el uso de estos sistemas, es posible suministrar energía a sensores o dispositivos utilizados en el mismo proceso, lo cual permitirá reducir costos de

consumo de energía eléctrica y al mismo tiempo ayudará al medio ambiente gracias a que se dejará de utilizar cierta cantidad de energía eléctrica proveniente de la red para la alimentación de ciertos dispositivos de baja potencia.

Los generadores termoeléctricos (TEG's) han sido objeto de estudio en años recientes gracias a su aplicación en sistemas de recolección de energía amigables con el medio ambiente, una propiedad importante de los TEG's se debe a que, al carecer de partes móviles, no generan ruido acústico y requieren poco mantenimiento, además de que tienen una vida útil promedio de 20 años.

Existen diferentes aplicaciones industriales en las cuales se desperdicia calor como residuo de algún otro proceso como puede ser hornos de fundición, máquinas freidoras, entre otras. Para recolectar parte de esta energía y transformarla en energía eléctrica se utilizan generadores termoeléctricos, los cuales transforman directamente el calor en energía eléctrica.

En dichos sistemas es necesario utilizar circuitos electrónicos que ayuden a maximizar la recolección de energía como pueden ser controladores y convertidores de carga.

1.4 Estado del arte

“Caracterización de los sensores de temperatura utilizando celdas de Peltier”.

Joao Ventura, Dep. of Electrical and Computer Engineering, IST – UTL / INESC-ID, Lisbon, Portugal.

Resumen

En el presente trabajo el comportamiento de una célula Peltier. Se estudia con el fin de controlar la temperatura de precisión en Ensayos y caracterización de sensores térmicos. Un resumen de Se hace el estado del arte y se deriva un modelo teórico. Para el sistema real y se desarrollan dos controladores. El primero Controlador, basado en el clásico PID y un segundo que emplea El regulador cuadrático lineal aplicado a la célula. Ambos controladores son capaces de alcanzar una precisión de 100 m C, una hazaña inalcanzable por Cámaras térmicas actuales. Los controladores son primero simulados, luego implementados y Su desempeño se compara en base a las siguientes figuras de mérito: tiempo para alcanzar una temperatura deseada dentro de un umbral, Sobrepasar y sobre todo, error de estado estacionario. Con el segundo controlador, un error de 5: 5m C en 320 segundos. Se puede lograr en el peor de los casos, una mejora de 3 Órdenes de magnitud sobre los métodos convencionales de térmica Caracterización del sensor. Hoy en día, la fiabilidad del dispositivo es de suma importancia. Así que Mucho, de hecho, que los equipos actuales deben tener soluciones que hacerlos tolerantes a fallas. La temperatura tiene un impacto severo. En el funcionamiento de dispositivos electrónicos desde resistencias, Las capacidades, inductancias y constantes dieléctricas son dependientes. En esa variable Las características de CMOS también se ven afectadas por temperatura, es decir, el umbral de tensión y las movilidades. La temperatura también reduce la vida útil del dispositivo, especialmente cuando sometido a altas temperaturas.40% de cada falla registrada fueron causado por temperatura anormal, apuntando en la dirección De regulación y regulación de la temperatura más estricta. Esto está hecho A través de sensores de temperatura integrados en el sistema en chip. El cual debe ser probado y caracterizado para garantizar Su correcto funcionamiento. Por lo general, esto se hace utilizando hornos o Termostatos, ambos procesos largos (unos 30 minutos) y capaz de baja precisión. El propuesto El trabajo tiene como objetivo estudiar una alternativa a esta metodología de prueba. Mediante el uso de células Peltier el actuador en la caracterización. Proceso debido a su rápida respuesta, alta precisión y baja.

Mantenimiento. Los requisitos del proyecto para el presente trabajo. son una precisión de 100 m? C o mejor para pruebas regulares, una Precisión de 10 m°C o superior para pruebas de alta precisión, menores de 5 minutos, la capacidad de regular la temperatura en un punto de ajuste para un período de tiempo indefinido con un rebasamiento mínimo.

Diseño de un Colector de Energía Piezoeléctrico (Energy Harvesting) Mediante Optimización Topológica que Maximice la Transformación de Energía Mecánica en Eléctrica Generada por un Ser Humano al Caminar

Esteban Sepúlveda Orozco, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Mecánica Medellín, Colombia

Resumen

El trabajo que se encuentra plasmado a continuación recopila la investigación desarrollada durante el desarrollo de la Maestría en Ingeniería Mecánica, impulsada desde el Grupo de Diseño Mecánico Computacional (DIMEC). En ésta se desarrolla un prototipo de Energy Harvesting (Colector de energía en español) piezoeléctrico mediante el Método de Optimización Topológica (MOT), el cual tiene como objetivo, además de recuperar energía desperdiciada (propósito de todos los Energy Harvesting), buscar una alternativa para mejorar el desempeño de los prototipos construidos hasta el momento. Dicho Energy Harvesting piezoeléctrico es diseñado para la aplicación específica de zapatos, donde se busca mejorar su eficacia de dos maneras principalmente: primero, posicionándolo en el sector de mayores presiones plantares, de acuerdo a la literatura encontrada, donde se aplicará la fuerza de reacción conocida durante el estudio del análisis de la marcha humana en personas normales; es decir, sin ninguna patología; y segundo aplicando técnicas vanguardistas como el diseño óptimo para el desarrollo del mismo. Los Energy Harvesting son construidos con piezoeléctricos comerciales PZT-5A, los cuales no

se modifican en su estructura interna, además a éstos se les acopla un mecanismo flexible óptimo que se encargara de aumentar la vida útil del piezoeléctrico y de excitarlo de forma homogénea, logrando su máximo desempeño como sensor (transformando la energía mecánica aplicada en la máxima energía eléctrica posible). El mundo pasa por un momento crítico en cuanto a generación de energía, no en vano muchos investigadores se han concentrado en el estudio de fuentes alternativas y en el desarrollo de sistemas capaces de aprovechar ésta en las diferentes formas que se encuentra en el ambiente; ejemplo de esto es la energía eólica, la energía solar, la energía hidráulica, entre otras. Con el paso de los años y con el crecimiento tecnológico que ha ido experimentando el mundo en el último siglo, el tema ha tomado mayor fuerza, ya que cada vez se construyen más dispositivos que usan para su funcionamiento la energía eléctrica. La generalización de éstos, su portabilidad y su uso masivo casi indispensable para la comunicación, el entretenimiento, la medicina y en general para la mayoría de las actividades cotidianas que realiza el hombre, ha obligado de manera urgente la búsqueda de nuevas fuentes de potencia. Unida a esta problemática, se encuentran las dificultades ambientales que trae consigo el vertiginoso crecimiento tecnológico que se vive hoy, ya que a este mismo ritmo se generan desperdicios electrónicos contaminantes como lo son las baterías. Una posible alternativa para abordar estos problemas son los Energy Harvesting (Colectores de energía en español), ya que éstos son diseñados para tomar cualquier tipo de energía circundante en el ambiente usualmente desperdiciada y convertirla en energía eléctrica. Este concepto trabaja hacia el desarrollo de dispositivos autoalimentados que no requieran de un continuo cambio de su fuente de alimentación. La investigación que se plasma en este texto propone el uso de los Energy Harvesting específicamente en la aplicación del calzado, sacando provecho de la energía que el ser humano desperdicia al caminar, para convertirla en energía eléctrica que pueda ser aprovechada. El diseño de este Energy Harvesting fue abordado de la misma forma en que se hace el diseño de un mecanismo flexible mediante el Método de Optimización Topológica, teniendo en cuenta que la característica principal de este tipo de mecanismos es que su movimiento es dado por la flexibilidad de la estructura

y no por la presencia de juntas y pines, además utilizan la propiedad de deformación como fuente de movimiento y generalmente son monolíticos; es decir, construidos en una única pieza, lo cual evita el ensamble y lubricación de las partes, ahorrando costos de manufactura y operación.

“Diseño, construcción y evaluación de un generador termoeléctrico acoplado a una estufa ecológica”.

Luis Alonso Medrano Parra, UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS, OCTUBRE 2016.

Introducción

Las pérdidas de energía térmica en todos los procesos de transformación de energía son algo inevitable, si bien algunas pérdidas son mínimas como es el caso de transformar corriente directa a alterna o viceversa, hay otros procesos donde las pérdidas son muy significativas como en los motores de combustión interna por ejemplo, que pueden ser de hasta un 80%, además se estima que la mayoría de la potencia del mundo se genera por sistemas operando a una eficiencia de 40% o menos, de ahí la necesidad de desarrollar nuevos métodos para aprovechar tan grandes pérdidas. En este trabajo, se utilizará las pérdidas de energía térmica que tienen las estufas ecológicas, las cuales han sido una solución para el ahorro de leña, la disminución de emisión de gases de efecto invernadero y para evitar la inhalación de humo. Pero aun siendo tan benéficas para las comunidades rurales, tienen pérdidas significativas de energía térmica por la chimenea, que pueden ser aprovechadas para generar electricidad a través de un generador termoeléctrico.

Esta investigación tiene como fin el desarrollo y construcción de un sistema de generación termoeléctrico para el aprovechamiento de las pérdidas de energía térmica y pueda proveer de energía eléctrica suficiente para la iluminación de una vivienda rural, ya que actualmente la vida diaria en la mayor parte de las comunidades rurales termina a la puesta del sol al no tener forma de iluminar sus

viviendas. Si tuvieran una fuente de iluminación podrían tener unas horas más para poder realizar otras actividades comerciales o sociales que beneficien a la comunidad. El objetivo de este trabajo es diseñar y construir y evaluar un sistema de generación de energía termoeléctrica que pueda aprovechar la energía térmica emitida por la chimenea de una estufa ecológica.

Sistema de enfriamiento de células Peltier para fuente de alimentación en modo conmutado.

G. Casano, S. Piva, ENDIF ENgineering Department In Ferrara, Università di Ferrara, Ferrara, Italia, september 2016.

Resumen

Los resultados se presentan de una investigación experimental en una fuente de alimentación de modo conmutado (SMPS) enfriada por líquido. El objetivo es un análisis cuantitativo del rendimiento de un sistema de enfriamiento diseñado para disipar el calor generado por el activo y Componentes electrónicos pasivos de este SMPS, con el fin de limitar su temperatura operativa máxima. Los componentes activos Se enfrían con una placa fría líquida. Los componentes pasivos se enfrían con un flujo de aire. La temperatura de este flujo de aire es Controlado con células peltier acopladas al frío-tarde. Las mediciones están hechas de temperatura y de eficiencia eléctrica del SMPS. El sistema de enfriamiento se coloca en una herramienta experimental donde es posible medir y controlar el líquido de enfriamiento fluir. Se proporciona un análisis detallado del comportamiento térmico de este sistema de refrigeración. Finalmente, el significado práctico de la Se discute el problema. Hoy en día, en la electrónica de alimentación cuando alta. Se requiere eficiencia, pequeño tamaño y bajo peso, conmutación. Los reguladores se utilizan como sustitutos de los tradicionales (lineales) Reguladores. Una fuente de alimentación de modo conmutado (SMPS) es una unidad electrónica que

incorpora un regulador de conmutación para convertir potencia eléctrica eficiente. diferencia de los más convencionales.

Fuentes de alimentación, un SMPS minimiza el desperdicio de energía y

Lo ideal es que no se disipe ningún poder. Esta mayor eficiencia en el poder.

La conversión es una ventaja importante de las SMPS, comúnmente

Acoplado a menor tamaño y menor peso que un lineal.

Suministro, debido al menor tamaño y menor peso del transformador. Alta eficiencia eléctrica y menores requisitos de refrigeración. De ahí las principales características de las SMPS.

Sin embargo, como es habitual en la electrónica de potencia, la compacidad significa mayor poder; Para alta potencia, la liberación de calor es grande otra vez.

y por lo tanto se necesitan sistemas de refrigeración eficientes. Líquido El enfriamiento puede convertirse en una solución interesante, también Porque

permite una importante reducción de tamaño de los equipos. En línea con los requisitos de diseño electrónico [4]. En realidad se obtiene refrigeración líquida con

placas frías, que consiste en una placa, generalmente de aluminio, sobre la cual se encuentran fijo algunos componentes electrónicos y dentro de los cuales uno o Se

obtienen más circuitos hidráulicos para su enfriamiento con Agua que fluye en circulación forzada [5]. Si bien es fácil coloque los componentes activos en una

placa fría, la placa grande Componentes pasivos de un SMPS, como condensadores, Transformadores y bobinas, deben colocarse en un circuito

impreso. Tablero (PCB). Es difícil con un plato frío mantener ambos PCB y componentes pasivos a la temperatura de diseño, Porque están originalmente

desarrollados para la refrigeración por aire. En un artículo reciente presentamos [6] los resultados de una Análisis en un SMPS refrigerado por líquido para la potencia

de TV digital. Amplificadores Dado que este SMPS se caracterizó por su alta Potencia y alta compacidad, haciendo así el estándar. Técnicas de refrigeración

difíciles de utilizar, una nueva refrigeración. Se desarrolló un sistema, utilizando agua y aire como refrigerante. Medios de comunicación. En particular, los

componentes activos (MOSFETs). Se enfriaron con una placa fría líquida, la pasiva. Componentes (condensadores, transformadores, bobinas) con aire. Fluir. El flujo de

aire se enfrió en una gran superficie con aletas, en Se enfría con la placa fría. Finalmente, el agua estaba Refrigerado con un intercambiador de calor externo de bajo costo.

Modelado espacial estatal de actuadores térmicos basados en células Peltier para indirecta.

João Viana F. Neto, Denis Fabricio Sousa de Sá and Leandro Rocha Lopes, Department of Electrical Engineering, São Luís, Brazil, 2010

Resumen

La importancia del modelo espacial estatal para Los sistemas de medidas indirectas (IMS) se pueden destacar para varias situaciones operativas, tales como: costo del sensor y la inferencia de sensores en el proceso del mundo real. El enfoque IMS puede ser apoyado por las teorías de identificación de sistemas, descripción de espacios de estados, modelos de BoxJenkins y desarrollos de microprocesadores. Nuestra La principal contribución en este trabajo es un modelo matemático a la realización de IMS basada en modelos espaciales estatales, reales Algoritmos de tiempo y células Peltier como actuadores térmicos.

La construcción de los sistemas IMS se basa en los modelos OutputError para realizar el monitoreo y control que Se utilizan para observadores espaciales estatales y control óptimo. Para el modelado dinámico del sistema se implementa una baja. Sistema de adquisición de datos de costos de microprocesadores y sensores. Adquiere las observaciones que son necesarias para estimar los parámetros.

Los sistemas automatizados son una realidad que se presentan en Nuestras tecnologías de día, el control de la temperatura se ha convertido en Esencial, desde una simple incubadora hasta sistemas industriales altamente sofisticados. Generación de calor por combustión o Por conversión de energía eléctrica es muy

importante para Actividades humanas, principalmente para sistemas industriales. Controlar Los sistemas son cada vez más activos cuando se trata de esto.

Tipo de sistema, permite obtener la temperatura. Controladores con el menor error posible entre reales y temperatura deseada.

La operación de los controladores mejora el rendimiento dinámico, obteniendo respuestas más rápidas por la variable que quieres controlar. Una forma práctica de generar. El calor está utilizando módulos termoelectrónicos, que en este el trabajo es realizado por una célula Peltier. Este tipo de convertidor (energía eléctrica en térmica), aunque No puede proporcionar grandes cantidades de energía, tiene la Ventaja de una respuesta más rápida con respecto a otra. Dispositivos de la misma escala energética. Este tipo de actuador. Tiene aplicabilidad a ambientes pequeños y tiene una buena Ingresos, y fácil manejo, se reporta su importancia.

El uso de una plataforma de prueba permite realizar invasivos. Mediciones, análisis del comportamiento del sistema, realizando. Uso de métodos de identificación de sistemas, análisis de estabilidad y estimaciones de parámetros.

1.5 Antecedentes

La teoría básica de los generadores y refrigeradores termoelectrónicos se terminó de delinear a principios del siglo XX. Para aplicaciones prácticas se necesitaban materiales con un alto coeficiente Seebeck, alta conductividad eléctrica y baja conductividad térmica. La tecnología de semiconductores permitió obtener materiales adecuados a partir de la década del 40. Ya en la segunda guerra mundial Rusia utilizo generadores termoelectrónicos a base de antimonio-zinc para alimentar equipos de comunicaciones militares. En la década del 50, se desarrollaron los primeros termopares para sistemas de seguridad por falta de llama, que resultaron la aplicación masiva del efecto termoelectrico y que se encuentran hoy en día en casi todos los calentadores de agua, termo-tanques, hornos y calefactores a gas domiciliarios. Con el correr de los años se fabricaron generadores termoelectrónicos (conocidos como TEG por su sigla en inglés: Thermo

Electric Generator) con diversos materiales semiconductores y con resultados variados. 10 En la década de los 60s, se desarrollaron generadores alimentados por radioisótopos para el programa espacial Apolo y para comunicaciones con la luna, de los que derivarían los materiales utilizados en la mayoría de los generadores comerciales actuales. Los generadores termoeléctricos son un producto para aplicaciones muy específicas, mientras que otros derivados de la misma tecnología, como los termopares de seguridad, se emplean masivamente. Dada su simplicidad, se usan también módulos termoeléctricos de efecto Peltier para aplicaciones de refrigeración y control de temperatura de baja capacidad.

1.6 Objetivos

6.1 Objetivos Generales

Diseñar y construir un prototipo de sistema de recolección de energía utilizando generadores termoeléctricos para el aprovechamiento de calor residual de procesos industriales.

6.2 Objetivos específicos

1. Caracterización del comportamiento eléctrico de generadores termoeléctricos conectados en serie y en paralelo.

2. Diseñar y construir un sistema de enfriamiento pasivo adecuado, así como una interfaz electrónica para el sistema de recolección de energía termoeléctrico.

3. Desarrollar un sistema de monitoreo remoto para la recolección de energía

1.7 Lugar donde se desarrolla el proyecto

1.7.1 Historia del ITTG

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Imparte 8 licenciaturas y 2 programas de posgrado en las áreas de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Administrativas.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez fue fundado el 24 de octubre de 1972, se encuentra ubicado en el centro del estado de Chiapas, que por su gran variedad de climas y suelos es propio para el cultivo de muy diversas especies vegetales nativas y adaptadas, con lo que se puede desarrollar la agroindustria, así como muchos otros procesos industriales a partir del gran potencial que ofrece este estado, en el cual el Instituto debe constituirse en el sujeto de cambio, al presentar alternativas de desarrollo sustentable del estado en forma multidisciplinaria.

La matrícula escolar en licenciatura se conforma de 1 982 estudiantes: 1 473 hombres y 509 mujeres. En el posgrado hay 78 alumnos: 68 hombres y 10 mujeres.

La población de egresados en el nivel de licenciatura es de 2 345 alumnos, de ellos 1 892 son hombres y 453 son mujeres. Los principales laboratorios con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez son:

Microbiología

Biotechnología

Química

Química pesada

Mecánica

Sistemas computacionales

Ingeniería industrial

Plantas piloto

1.7.2 Misión

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

1.7.3 Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Localización

1.7.4 Área específica relacionada con el proyecto

El proyecto será realizado en el Laboratorio de Control Inteligente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (Edificio I).

La carrera de Ingeniería Electrónica tiene como misión “formar profesionales de excelencia con competencias en el ámbito de la Ingeniería Electrónica, motivados para la promoción del desarrollo profesional y el conocimiento científico y tecnológico, con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores cívicos y éticos”

1.8. Problema a resolver

Actualmente en el país y el mundo se intenta combatir contra la contaminación ambiental, estando en pro de la búsqueda de energías alternativas y mitigar el daño causado por el alto consumo de energía eléctrica.

Bastante de la energía que desperdicia es energía calorífica que simplemente se desprecia, e impacta directamente en las ondas de calor que genera el medio

ambiente, y la contingencia ambiental en la que se somete la sociedad por ese tipo de contaminación.

1.9. Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
Recopilación de información e investigación de la teoría de la recolección de energía basada en generadores termoeléctricos (edo. del arte).	■	■	■												
Desarrollar una metodología integrada que permita caracterizar los generadores termoeléctricos en diferentes configuraciones.				■	■	■									
Diseñar y construir un sistema de enfriamiento pasivo, así como una interfaz electrónica aplicada al sistema de recolección de energía termoeléctrico.					■	■	■	■	■						
Diseñar un sistema de monitoreo remoto que permita visualizar los datos de voltaje y corriente producidos por los TEG's.							■	■	■	■	■	■			
Pruebas de funcionamiento del conjunto integrado aplicado a la recolección de energía basada en los generadores termoeléctricos.										■	■	■	■	■	■

Informe de avance del proyecto																				
Entrega de informe de residencia.																				

1.10 Metodología

1. **Recopilación de información e investigación de la teoría de la recolección de energía basada en generadores termoeléctricos (estado del arte).** Recabar información de la teoría básica e investigación de los sistemas de recolección de energía basada en generadores termoeléctricos. Verificación de trabajos similares, apoyado en los registros e información generada en residencias anteriores, artículos de investigación y trabajos profesionales de tesis sobre el mismo tema.
2. **Desarrollar una metodología integrada que permita caracterizar los generadores termoeléctricos en diferentes configuraciones.** Desarrollar un esquema de comportamiento de los generadores termoeléctricos midiendo el voltaje y corriente producidos cuando se conectan en serie y en paralelo.
3. **Diseñar y construir un sistema de enfriamiento pasivo, así como una interfaz electrónica aplicada al sistema de recolección de energía termoeléctrico.** Diseño, construcción e implementación de un sistema de enfriamiento pasivo y una interfaz electrónica aplicada al sistema de recolección de energía termoeléctrico.
4. **Diseñar un sistema de monitoreo remoto que permita visualizar los datos de voltaje y corriente producidos por los TEG's.** Diseñar una interfaz visual para el monitoreo remoto del voltaje, corriente y potencia producidos por el sistema de recolección de energía termoeléctrico.
5. **Pruebas de funcionamiento del conjunto integrado aplicado a la recolección de energía basada en los generadores termoeléctricos.** Pruebas del prototipo en el laboratorio, poniendo en operación el sistema aplicado a la recolección de energía basada en el generador termoeléctrico, para verificar el funcionamiento por partes y luego en su conjunto.
6. **Informe de avance del proyecto y reporte final.** Cada mes como lo marca el programa se entregará un informe parcial de las actividades desarrolladas, en la residencia, así como el avance, problemática encontrada y estrategias para terminar a tiempo. Entrega del Informe final que deberá incluir:
 - Portada

- Índice
- Introducción
- Justificación
- Objetivos
- Caracterización del área en que participo
- Problemas a resolver, priorizándolos.
- Alcances y limitaciones
- Fundamento teórico
- Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.
- Resultados, planos, graficas, prototipos y programas.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Referencias bibliográficas.

1.11 Alcances y limitaciones

Este proyecto pretende recolectar energía de calor residual mediante generadores termoeléctricos celdas TEGS, pero dado a la sensibilidad de la celda no logramos alcanzar el gradiente de temperatura esperado.

Ya que las fuentes de recolección de energía se pueden usar para aumentar la vida útil y la capacidad de los dispositivos, ya sea reemplazando o aumentando el uso de la batería.

Capítulo II

2.1 Fundamento teórico

2.1.1 La termoelectricidad

La termoelectricidad es el estudio de la conversión del calor en energía eléctrica.

El físico alemán Thomas J. Seebeck descubrió en 1820 que si se cierra el circuito por la unión de dos materiales distintos a diferente temperatura, ésta produce una diferencia de potencial que se genera en la unión de los metales.

En 1834 el físico francés Jean C. A. Peltier descubrió el efecto inverso al que había descubierto Thomas. Si una corriente pasa a través del circuito descrito por Seebeck (termopar), la temperatura de una parte de este circuito aumenta y la temperatura en la otra sección disminuye, así que el calor es transferido desde una unión a otra. La cantidad de calor que se transmite es proporcional a la corriente generada.

Esta célula posee características termoeléctricas, al aplicarle una corriente se crea una diferencia de temperatura en sus caras, (como se muestra en la figura 2.1).

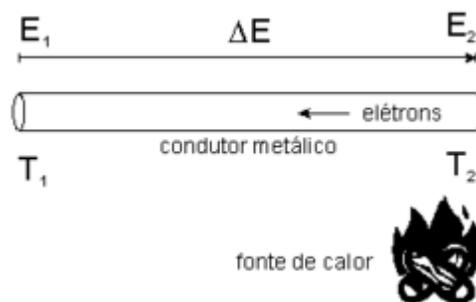


Figura 2.1 Principio termoeléctrico

2.2 Materiales termoeléctricos

Podríamos definir como materiales termoeléctricos a aquellos materiales en los que se establece una diferencia de potencial entre sus extremos cuando son sometidos a un gradiente térmico.

A niveles prácticos un material se puede considerar termoeléctrico cuando su figura adimensional de mérito (ZT) alcanza valores superiores a 0.5. De todos modos este criterio de clasificación es muy arbitrario, y podría llevarnos a descartar materiales con muy buenas perspectivas de éxito en el campo de la generación

eléctrica. El motivo es que el producto ZT refleja la eficiencia de un material termoeléctrico, pero no su capacidad de generar energía, y algo que la ciencia suele dejar de lado, el precio.

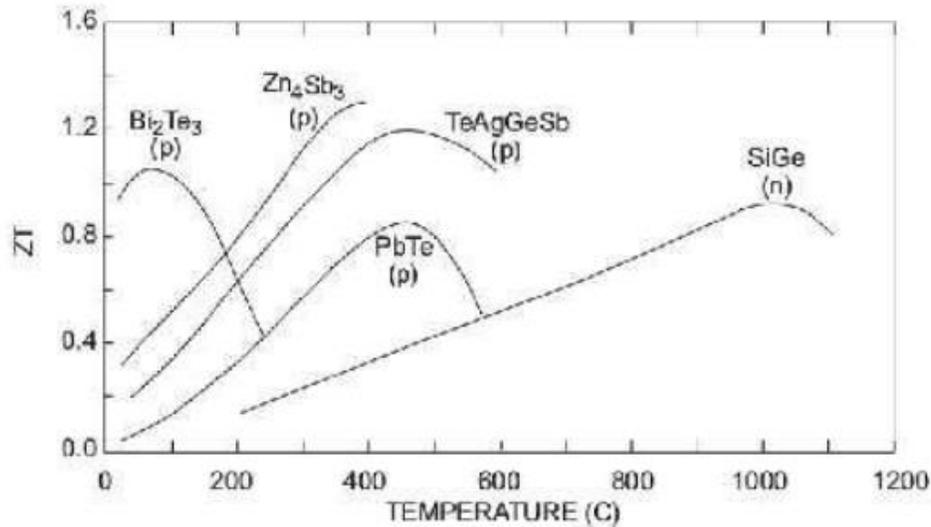


Figura 2.2 Grafica de mérito de diferentes materiales termoeléctricos

El proceso de termoelectricidad solo ocurre en ciertos materiales especialmente en los semiconductores. El problema fundamental para crear materiales termoeléctricos eficientes es que necesitan ser muy buenos transmitiendo la electricidad pero no el calor. Cada material termoeléctrico tiene propiedades óptimas en un intervalo de temperatura

2.2.1 Aplicaciones a bajas temperaturas

El material termoeléctrico más comúnmente utilizado a bajas temperaturas (150K-200K), está formado sobre la base de $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ (una aleación de bismuto y antimonio) pero desafortunadamente sólo posee buenas características termoeléctricas para el tipo N (conducción por electrones), lo que reduce el rendimiento de conversión del sistema, puesto que ningún material tipo P es eficaz a estas temperaturas (recuérdese que un sistema de conversión termoeléctrica se compone de ramas tipo P y N). Curiosamente, a pesar de que sus propiedades son relativamente medias ($ZT \sim 0,6$), la aplicación de un campo magnético permite duplicar el factor de mérito, superando la unidad. Esta propiedad hace que estos materiales se empleen asociados a un imán permanente.

2.2.2 Aplicaciones a temperatura ambiente

Actualmente, el material más estudiado es el Bi_2Te_3 (aleación de bismuto y telurio). Se emplea en dispositivos que funcionan a temperaturas próximas a la ambiente, lo que incluye a la mayoría de los dispositivos de refrigeración termoeléctrica. Las mejores prestaciones se han obtenido con la aleación Sb_2Te_3 (una aleación compuesta por antimonio y telurio) que posee la misma estructura

cristalina. Pueden conseguirse tanto muestras de tipo P como N, simplemente por medio de pequeñas variaciones de la composición en las proximidades de la estequiometría. En ambos casos los valores del factor de mérito ZT se aproximan a la unidad 1 a temperaturas cercanas a la ambiente. Estos buenos valores ZT se obtienen en parte gracias a la muy reducida conductividad térmica λ , que aproximadamente es de 1 W.m⁻¹.K⁻¹ en los mejores materiales.

2.2.3 Aplicaciones

A temperaturas intermedias Para su empleo a temperaturas medias (entre los 550K y 750K aproximadamente), el material más empleado es el telurio de plomo PbTe y sus aleaciones (PbSn) Te (Sn = estaño). Ambos compuestos, PbTe y SnTe pueden formar una solución sólida completa lo que permite optimizar la banda prohibida del semiconductor al valor deseado. Los mejores materiales obtenidos poseen factores de mérito próximos a la unidad a una temperatura cercana a los 700K. Sin embargo, estos valores se obtienen únicamente en materiales de tipo N. Por tanto, actualmente el PbTe no puede constituir por sí solo las dos ramas de un termoelemento. La rama P se construye generalmente con un material de tipo

20 TAGS (por sus componentes Telurio-Antimonio-Germanio-Plata), que alcanzan valores de mérito superiores a la unidad a 700K pero exclusivamente para el tipo P. Por lo tanto, resulta crucial descubrir un material que pueda emplearse como tipo P y N en esta gama de temperaturas, ya que industrialmente, resulta más fácil emplear el mismo material para las dos ramas, eliminando además la necesidad de emplear Telurio, que es extremadamente tóxico.

2.2.4 Aplicaciones a altas temperaturas

Las aleaciones a base de silicio y germanio poseen buenas características termoeléctricas a altas temperaturas (por encima de 1000K) y son utilizadas principalmente para la generación de electricidad en el campo espacial. De este tipo son las aleaciones utilizadas para la alimentación eléctrica de las ondas espaciales, como es el caso de la Voyager. [3]

Material	$\rho \cdot 10^{-5}$ (Ω m)	$S \cdot 10^{-5}$ (V/K)	λ (W/mK)	ZT
T = 1000 K				
Yb ₁₄ MnSb ₁₁	4,58	164	0,715	
Ba ₈ Ga ₁₆ Ge ₃₀	2	-200	1,43	
Si _{0,8} Ge _{0,2}	2,48	232	2,555	
T = 700 K				
Ag ₉ Tl ₄ Te ₅	26	311	0,2	
AgCrSe ₂	33	307	0,206	
Zn ₄ Sb ₃	3,33	206	0,693	
CeFe ₂ Sb ₁₂	8,86	127	1,703	
Ba ₈ Ga ₁₆ Ge ₃₀	1,42	-150	1,56	
Mg ₂ Si	4,12	-283	3,25	
T = 400 K				
Tl ₉ BiTe ₈	11	338	0,409	
In _{0,25} Co ₄ Sb ₁₂	1,34	-248	2,265	
Zn ₄ Sb ₃	2,53	161	0,75	
LaFe ₃ CoSb ₁₂	1,83	143	1,6	
Zr _{0,25} Hf _{0,25} Ti _{0,5} NiSn	3,38	-330	3,003	
T = 300 K				

Bi ₂ Te ₃	0,55	162	1,468
Sb ₂ Te ₃	0,122	63	5,205
Sr _{0,146} Ga _{0,285} Ge _{0,569}	1,94	-128	1,06
Zn ₄ Sb ₃	2,17	136	0,783
In _{0,2} Co ₄ Sb ₁₂	1,49	-222	2,476

Tabla 2.1 Valores de resistividad eléctrica, coeficiente de Seebeck y conductividades térmicas de diversos materiales termoeléctricos a diferentes temperaturas de servicios

2.3 Módulos termoeléctricos

Existen en el mercado dos tipos de módulos termoeléctricos, los módulos o celdas de efecto Peltier que se utilizan para enfriar o calentar y los módulos de efecto Seebeck para generar corriente eléctrica. Las células Peltier son las más empleadas debido a que su costo es cada vez menor y sus aplicaciones para el mercado del consumo se incrementan día a día.

Un módulo termoeléctrico comercial consiste en la unión de varios pares de semiconductores tipo P (huecos libres) y tipo N (cargas libres) conectados térmicamente en paralelo y eléctricamente en serie para aumentar la tensión eléctrica de operación del mismo.

Los semiconductores se conectan entre sí a través de conductores eléctricos como el cobre utilizando uniones soldadas con materiales con bajo punto de fusión para no dañar los termoelementos durante el proceso de soldadura. Estos puentes eléctricos tienen que estar aislados eléctricamente del objeto a refrigerar para evitar cortocircuitos. Sin embargo, este material aislante eléctrico debe de ser un buen conductor térmico para minimizar el salto térmico entre el par termoeléctrico y el objeto. [4]



Figura 2.3 Estructura interna de un módulo termoeléctrico comercial

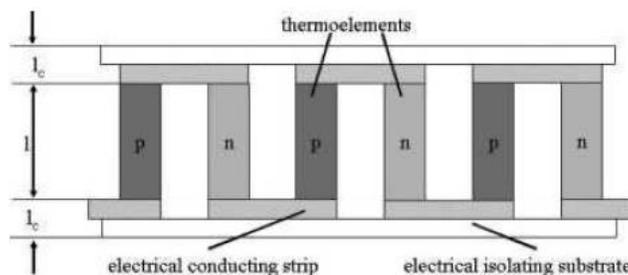


Figura 2.4 Configuración principal de un módulo termoeléctrico

Como resultado del gran desarrollo que ha sufrido la tecnología, y los avances en los materiales de los últimos años, la vida útil de los módulos termoeléctricos es un factor a su favor. Los módulos termoeléctricos actuales proporcionan un largo

periodo de uso, con un rango entre las 100.000 y las 200.000 horas. Esto se debe a que en el proceso de fabricación y mejora de las propiedades de los materiales termoeléctricos se les somete a procesos a elevadas temperaturas, por tanto, durante su funcionamiento, estos dispositivos, al estar operando en elevadas temperaturas, sufren un continuo proceso de mejora de sus propiedades.

La máxima diferencia de temperaturas que puede ser lograda con un único módulo puede verse limitada a las propiedades de los materiales empleados. Sin embargo, es posible incrementar esta diferencia de temperaturas mediante la instalación de varios módulos de manera superpuesta. Se consigue, de esta forma, que la temperatura del lado frío del primer módulo sea mayor que la temperatura del lado frío del módulo del segundo piso. [4]

2.4 Programación en arduino

2.4.1 Arduino Uno

Arduino es una plataforma para computación física de código abierto basada en una simple tarjeta I/O y un entorno de desarrollo que implementa el procesamiento/idioma de cableado (Processing/Wiring). Arduino puede ser usado para desarrollar objetos autónomos interactivos o puede ser conectado a software en su ordenador (por ejemplo, Flash, Processing, MaxMSP). El IDE de código abierto puede ser descargado de forma gratuita (en la actualidad para Mac OS X, Windows y Linux).

A continuación se muestra en la figura 2.12, donde están ubicados los elementos más importantes que componen la placa Arduino Uno que son descritos de arriba abajo y de izquierda a derecha. [5]

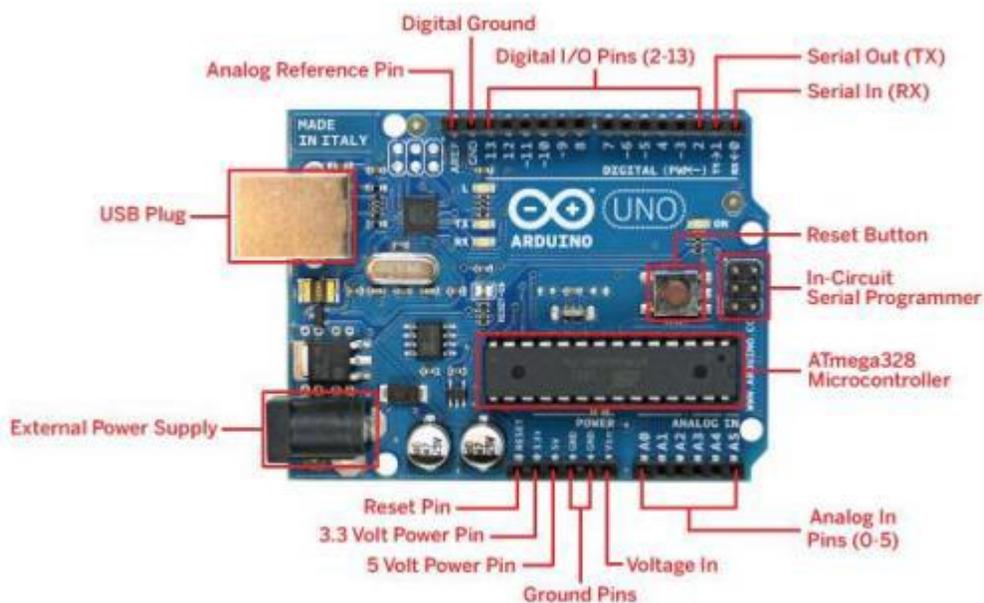


Figura 2.5 Elementos de la placa Arduino Uno

2.4.2 Características

Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Pines digitales E/S	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entradas analógicas	6
Corriente continua para pines E/S	40 mA
Corriente continua para pines de 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son para el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

Tabla 2.2 Características de la placa Arduino Uno

2.4.3 Entradas/Salidas digitales y analógicas

`digitalRead(pin)`. Lee el valor desde un pin digital específico. Devuelve un valor HIGH o LOW.

`digitalWrite(pin, value)`. Introduce un nivel alto (HIGH) o bajo (LOW) en el pin digital especificado. De nuevo, el pin puede ser especificado con una variable o una constante.

`analogRead(pin)`. Lee el valor desde el pin analógico especificado con una resolución de 10 bits. Esta función solo funciona en los pines analógicos (0-5). El valor resultante es un entero de 0 a 1023. Los pines analógicos, a diferencia de los digitales no necesitan declararse previamente como INPUT u OUTPUT.

`analogWrite(pin, value)`. Escribe un valor pseudo-analógico usando modulación por ancho de pulso (PWM) en un pin de salida marcado como PWM.

2.4.4 Tipos de Datos

Arduino permite manejar los siguientes tipos de datos:

Byte. Almacena un valor numérico de 8 bits. Tienen un rango de 0-255.

Int. Almacena un valor entero de 16 bits con un rango de 32,767 a -32,768.

Long. Valor entero almacenado en 32 bits con un rango de 2,147,483,647 a -2,147,483, 648.

Float. Tipo coma flotante almacenado en 32 bits con un rango de 3.4028235E+38 a -3.4028235E+38.

Arrays. Se trata de una colección de valores que pueden ser accedidos con un numero de índice (el primer valor del índice es 0).

2.4.5 Funciones de Tiempo

delay(ms). Realiza una pausa en el programa la cantidad de tiempo en milisegundos especificada en el parámetro (máximo 1000, mínimo 1).

millis(). Devuelve la cantidad de milisegundos que lleva la placa Arduino ejecutando el programa actual como un valor long unsigned. Después de 9 horas el contador vuelve a 0. [7]

2.5 Labview

El software NI LabVIEW es un entorno de programación gráfica (G) que utiliza íconos, terminales y cables en lugar de texto para ayudarle a programar de la misma manera en que usted piensa. Tal como aprender cualquier software de programación nuevo, aprender cómo programar en LabVIEW requiere saber cómo navegar en el entorno. El siguiente módulo explora las potentes herramientas y características en LabVIEW.

Lo vimos, LabVIEW permite programar sobre mucho orienta diferentes. Lo mismo sucede para el material y sobre todo la instrumentación. En efecto, con LabVIEW y gracias a sus numerosas librerías, podrá intercomunicarse y encargar las siguientes tarjetas y aparatos:

VXI, PXI, Compacto PCI,

PCI,

USB, FireWire,

Serie.

Comunicando con los siguientes protocolos:

VXI, PXI, Compact PCI,

PCI express, PXI express,

PCI,

USB, FireWire,

Serie RS 232, 422, 485...

TCP/IP, UDP

Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus, otros protocolos industriales...

Bluetooth, WIFI.

El lenguaje gráfico

Con LabVIEW, no se programa el software a escribir líneas de códigos con una sintaxis compleja. La programación se hace con iconos los cuales representan

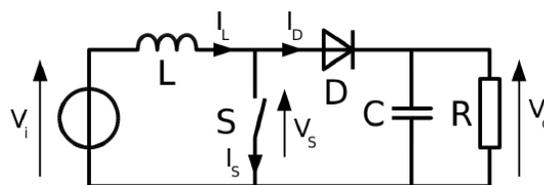
funcionalidades, ligados entre ellos por cables quienes representan los flujos de datos (un poco a la manera de una tarjeta electrónica con sus componentes y circuitos integrados).

Esta representación muy adornada del código es cerca de la concepción como uno hace: con esquemas; eso, por supuesto, facilita mucho el trabajo que necesita la programación del concepto. Esta abstracción del lenguaje gráfico no requiere de ser un experto en programación para desarrollar software sencillo. De igual forma, para software más complejos, el cliente "profano" en programación pero experto en su dominio, podrán leer y entender la idea y así guiar al ingeniero experto en programación.

Para ilustrar el sencillo que es el lenguaje G, mira el ejemplo que sigue: un software que genera señal y de tratamiento.

2.6 Convertidor boost

El convertidor Boost (o elevador) es un convertidor DC a DC que obtiene a su salida una tensión continua mayor que a su entrada. Es un tipo de fuente de alimentación conmutada que contiene al menos dos interruptores semiconductores (diodo y transistor), y al menos un elemento para almacenar energía (condensador, bobina o combinación de ambos). Frecuentemente se añaden filtros contruidos con inductores y condensadores para mejorar el rendimiento. Un conector de suministro de energía habitual no se puede conectar directamente a dispositivos como ordenadores, relojes o teléfonos. La conexión de suministro genera una tensión alterna (AC) y los dispositivos requieren tensiones continuas (DC). La conversión de potencia permite que dispositivos de continua utilicen energía de fuentes de alterna, este es un proceso llamado conversión AC a DC y en él se usan convertidores AC a DC como rectificadores. La energía también puede provenir de fuentes DC como baterías, paneles solares, rectificadores y generadores DC, pero ser de niveles inadecuados. El proceso de cambiar una tensión de continua a otra diferente es llamado conversión DC a DC. Un convertidor Boost es uno de los tipos de convertidores DC a DC. Presenta una tensión de salida mayor que la tensión de la fuente, pero la corriente de salida es menor que la de entrada. [8]



*Figura 2.6 Esquema básico de un convertidor Boost.
El interruptor suele ser un MOSFET, IGBT o BJT.*

2.6.1 Configuraciones de un Convertidor Boost

El principio básico del convertidor Boost consiste en dos estados distintos dependiendo del estado del interruptor S (ver fig. 2.16 y 2.17):

- Cuando el interruptor está cerrado (On-state) la bobina L almacena energía de la fuente, a la vez la carga es alimentada por el condensador C .
- Cuando el interruptor está abierto (Off-state) el único camino para la corriente es a través del diodo D y circula por el condensador (hasta que se carga completamente) y la carga.

Existen dos situaciones de funcionamiento: Modo continuo (toda la energía se transfiere a la carga, sin llegar a que la corriente se anule), y Modo Discontinuo (la carga consume menos de lo que el circuito puede entregar en un ciclo). [9]

On-State

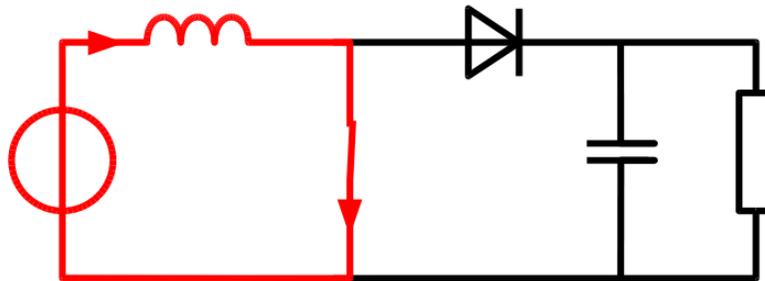


Figura 2.7 (a) La energía se transfiere de la fuente a la bobina y del condensador a la carga

Off-State

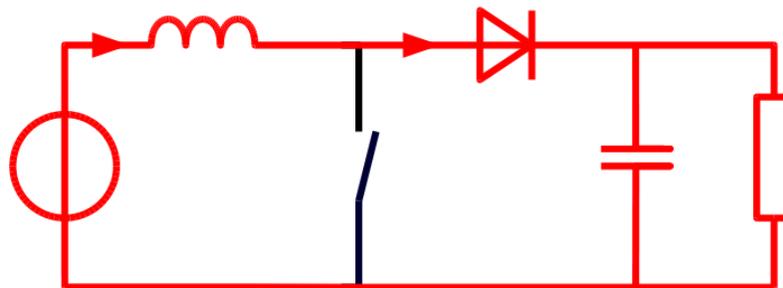


Figura 2.8 (b) La energía se transfiere de la fuente y de la bobina al condensador y a la carga.

2.6.2 Modo continuo

Cuando un convertidor boost opera en modo continuo, la corriente a través del inductor (I_L) nunca llega a cero. La figura 2.18 muestra las formas de onda típicas de corrientes y voltajes de un convertidor operando en este modo.

El voltaje de salida se puede calcular como sigue, en el caso de un convertidor ideal (es decir, que usa componentes con comportamiento ideal), operando en condiciones estacionarias:

Durante el estado ON, el conmutador S está cerrado, lo que hace que el voltaje de entrada (V_i) aparezca entre los extremos del inductor, lo que causa un cambio de corriente (I_L) a través del mismo durante un período (t), según la fórmula:

$$\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{V_i}{L} \quad (13)$$

Al final del estado ON, el incremento en corriente a través del inductor es:

$$\Delta I_{L_{on}} = \int_0^{D \cdot T} \frac{V_i}{L} dt = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} \quad (14)$$

D es el ciclo de trabajo (factor activo), que representa la fracción del periodo T durante el cual el conmutador S está ON. Por tanto, D varía entre 0 (S siempre OFF) y 1 (S siempre ON).

Durante el estado OFF, el conmutador S está abierto, y la corriente del inductor fluye a través de la carga. Si consideramos que no hay caída de tensión en el diodo (necesario para que el condensador no devuelva corriente hacia atrás), y un condensador suficientemente grande en voltaje para mantener este constante, la evolución de I_L es:

$$V_i - V_o = L \frac{dI_L}{dt} \quad (15)$$

Por tanto, la variación de I_L durante el periodo OFF es:

$$\Delta I_{L_{off}} = \int_0^{(1-D)T} \frac{(V_i - V_o) dt}{L} = \frac{(V_i - V_o)(1-D)T}{L} \quad (16)$$

Si consideramos que el convertidor opera en condiciones estacionarias, la cantidad de energía almacenada en cada uno de sus componentes, debe ser la misma al principio y al final del ciclo completo de conmutación. En particular, la energía almacenada en el inductor está dada por:

$$E = \frac{1}{2} L \cdot I_L^2 \quad (17)$$

Así pues, es obvio que la corriente de inductor tiene que ser la misma al principio y al final del ciclo de conmutación. Esto puede ser expresado como:

$$\Delta I_{L_{on}} + \Delta I_{L_{off}} = 0 \quad (18)$$

Sustituyendo $\Delta I_{L_{on}}$ y $\Delta I_{L_{off}}$ por sus expresiones, nos queda:

$$\Delta I_{L_{on}} + \Delta I_{L_{off}} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} + \frac{(V_i - V_o)(1-D)T}{L} \quad (19)$$

Esto puede simplificarse en:

$$\frac{V_i}{V_o} = \frac{1}{1-D} \quad (20)$$

Lo que nos dice que el factor activo ("duty cycle") es:

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o} \quad (21)$$

De esta expresión, se puede ver que el voltaje de salida es siempre mayor que el de entrada (ya que el factor activo D va entre 0 y 1), y que se incrementa con D, teóricamente hasta el infinito según D se acerca a 1. Esto es por lo que normalmente este convertidor a veces se llama "step-up converter" (convertidor que sube un escalón).

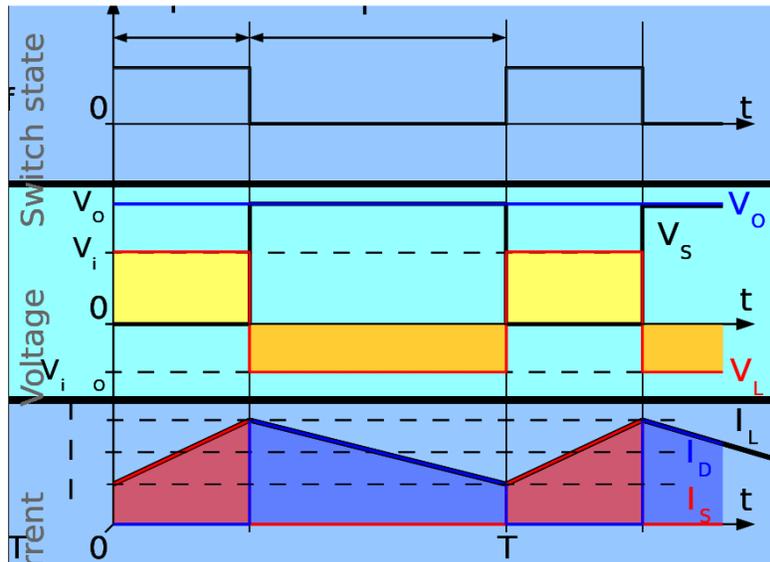


Figura 2.9 Formas de onda de corriente y voltaje en un convertidor Boost operando en modo continuo

2.6.3 Modo discontinuo

En algunas situaciones, la cantidad de energía requerida por la carga es suficientemente pequeña como para ser transferida en un tiempo menor que el tiempo total del ciclo de conmutación. En este caso, la corriente a través del inductor cae hasta cero durante parte del periodo. La única diferencia en el principio descrito antes para el modo continuo, es que el inductor se descarga completamente al final del ciclo de conmutación (ver formas de onda de la figura 2.19). Sin embargo, esta pequeña variación en el funcionamiento, tiene un fuerte efecto en la ecuación del voltaje de salida, que puede calcularse como sigue:

Como la corriente del inductor al principio del ciclo es cero, su máximo valor I_{LMax} (en el tiempo $t=D.T$) es:

$$I_{LMax} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} \quad (22)$$

Durante el tiempo OFF, I_L cae hasta cero después de un tiempo $\delta.T$:

$$I_{LMax} + \frac{(V_i - V_o) \cdot \delta \cdot T}{L} = 0 \quad (23)$$

Usando las dos ecuaciones previas, δ es:

$$\delta = \frac{V_i \cdot D}{V_o - V_i} \quad (24)$$

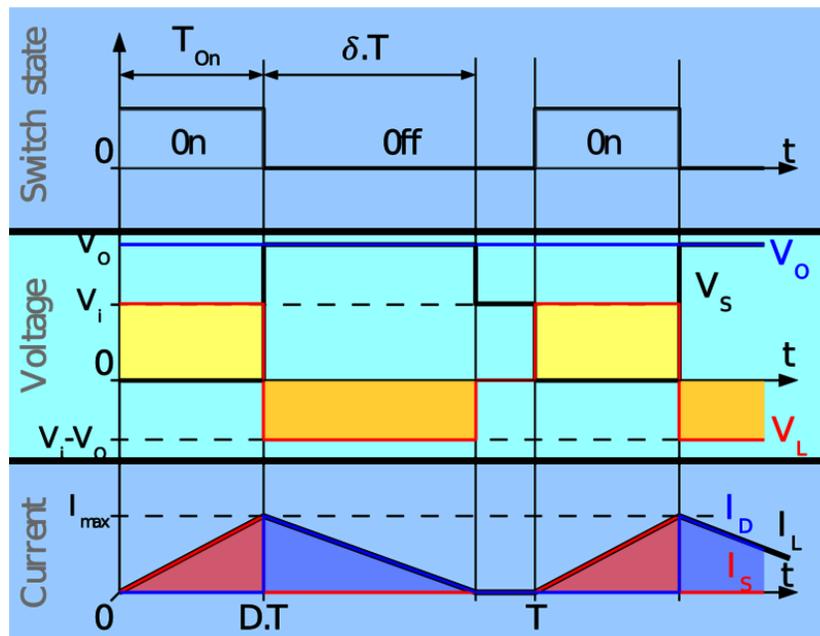


Figura 2.10 Formas de onda de corriente y voltaje en un Convertidor boost operando en modo discontinuo

2.6.4 Aplicaciones

Generalmente los sistemas alimentados por baterías necesitan apilar varias baterías en serie para aumentar la tensión. Sin embargo a veces no es posible conectar varias baterías en serie por razones de peso o espacio. Los convertidores Boost pueden incrementar el voltaje y reducir el número de pilas. Algunas aplicaciones que usan convertidores Boost son vehículos híbridos (por ejemplo el Toyota Prius) y sistemas de alumbrado. [9]

2.7 Disipador de calor líquido

Como su nombre lo indica, este método usa un líquido, que casi siempre es agua, como agente para enfriar cada pieza de hardware. Funciona parecido a los reactores nucleares donde se usa el agua para sacar el calor de las partes.

La mayor ventaja del enfriamiento líquido es que saca el calor de cada pieza en específico, cosa que no se puede hacer con el tradicional o de aire, pero por otro lado es mucho más complicado de armar porque se usan bloques de agua, un radiador, tubos y bombas. Por estas razones y por su costo, un usuario común no optaría por este método, por lo tanto, sería usado mayormente por personas que quieran una computadora para videojuegos o actividades exigentes.

Resumiendo los pros y los contras del enfriamiento líquido tenemos lo siguiente:

PROS:

Es muy silencioso cuando está funcionando.

Es muy eficiente porque enfría cada componente de hardware por separado.

Ocupa mucho menos espacio que los ventiladores tradicionales.

CONTRAS:

El precio es mucho mayor. Mientras que un ventilador te puede costar tan poco como 10 dólares, un sistema de enfriamiento puede costar, como mínimo, unos US\$300.

Requiere que se le haga mantenimiento constante para que funcionen correctamente.

Son muy complejos para armar; se necesita saber muy bien qué se está haciendo.

Conseguir las partes necesarias que se ajusten al case que se tiene, puede ser difícil.

2.8 Celda Peltier TEG SP1848-27145

Celda Peltier optimizada para funcionar como generador de electricidad al someter a sus caras a una diferencia de temperatura. La cara con el texto (código) debe adosarse a un disipador y mantenerse refrigerada. La cara opuesta (sin textos) debe colocarse en contacto con la fuente caliente.

Características:

Celda Peltier optimizada para funcionar como generador de electricidad al someter a sus caras a una diferencia de temperatura. La cara con el texto (código) debe adosarse a un disipador y mantenerse refrigerada. La cara opuesta (sin textos) debe colocarse en contacto con la fuente caliente.

Datos técnicos:

- Longitud de cables: 30cm
- Dimensiones: 40mm x 40mm x 3.4mm
- Máxima temperatura de trabajo: 150 °C
- Máxima diferencia de temperatura entre caras: 100°C

- Diferencia de temperatura 20 °C: tensión de circuito abierto 0.97V, corriente de cortocircuito 225mA
- Diferencia de temperatura 40 °C: tensión de circuito abierto 1.8V, corriente de cortocircuito 368mA
- Diferencia de temperatura 60 °C: tensión de circuito abierto 2.4V, corriente de cortocircuito 469mA
- Diferencia de temperatura 80 °C: tensión de circuito abierto 3.6V, corriente de cortocircuito 558mA
- Diferencia de temperatura 100 °C: tensión de circuito abierto 4.8V, corriente de cortocircuito 669mA

Capitulo III

3.1 Desarrollo e implementación del proyecto

3.1.1. Interfaz gráfica hecha en LABVIEW

Panel de monitoreo ofrece la visualización tanto en el dispositivo que se instale la aplicación sin tener que instalar el software en el que se desarrollo en este caso específico LabVIEW, como a dispositivos conectados mediante una red de área local. El panel queda de la siguiente manera consta de un indicador tipo Gauge, un digital y una grafica de comportamiento con respeto al tiempo para las variables de Voltaje(Volts) y Corriente(Ampers).

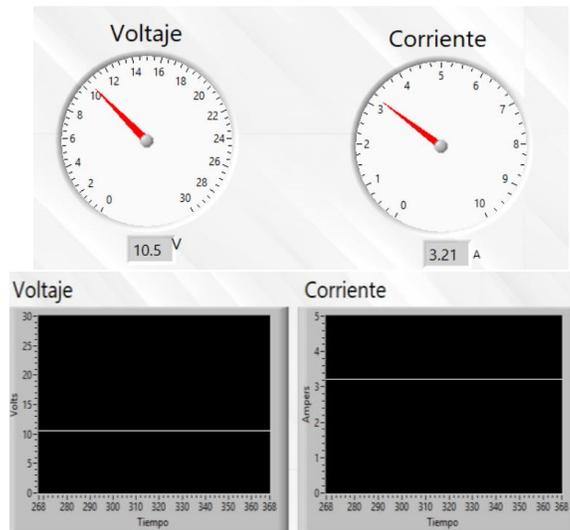


Figura 3.1 Panel de monitoreo de voltaje y corriente

Para el monitoreo de la temperatura de cada uno de los lados de los TEG'S se representa con un indicador numerico tipo termometro, un indicador digital y una grafica de comportamiento de la temperatura respecto al tiempo.

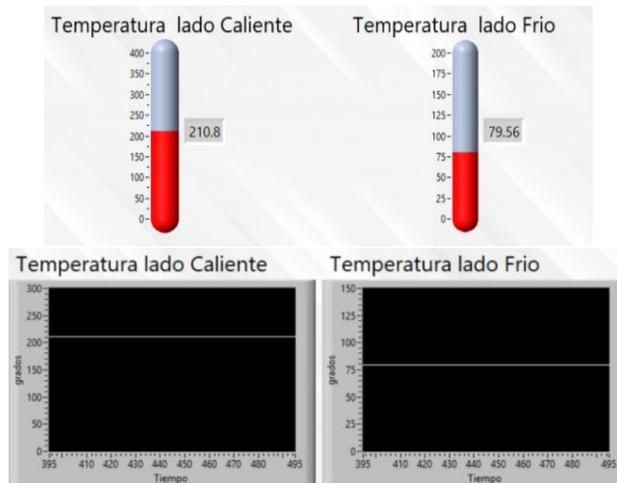


Figura 3.2 Panel de monitoreo de temperaturas en los TEGS

El Diagrama a bloques queda de la siguiente manera

La primera parte consta de un bloque que nos permite selección el puerto por el cual nos permitira establecer la comunicación con nuestro dispositivo controlador posteriormente un cuadro de inicializacion y finalizacion de MakerHub, el cual esta conectado a un bloque de programacion tipo Structura While loop, dentro del ciclo While Loop se encuentra cuatro cuadros de programacion tipo perifericos Analogicos de lectura y a cada uno se asocia a un canal de lectura.

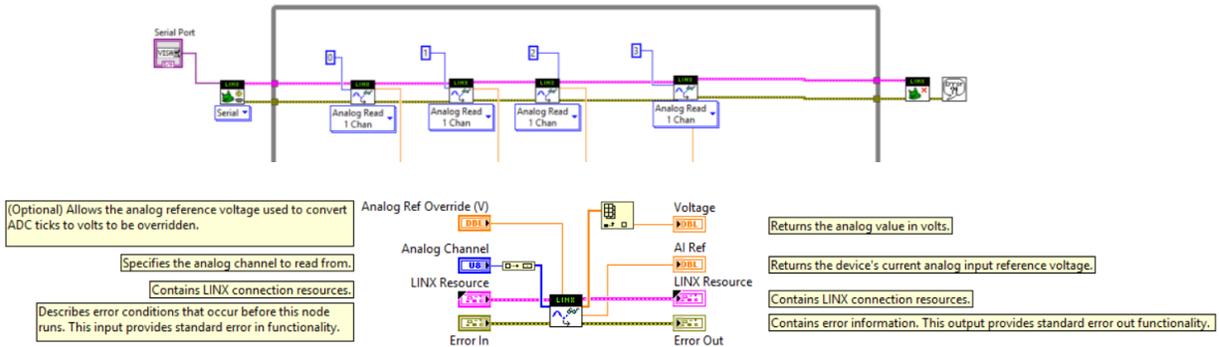


Figura 3.3 Comunicación de los puertos en LABVIEW

Al tener la comunicación y asignados los canales de lectura se acondicionan las señales cada una respecto al sensor implementado para el canal 0 multiplicamos la lectura por el valor del voltaje de referencia de 3.5 , para el canal 2 se realiza una resta de 2.5 al valor leído y se multiplica por .100 que es la resolución del sensor, para el canal 2 y 3 se utilizaron el mismo sensor y se realizo un acoplamiento resistivo y se definio un valor de referencia de 5 volts. Cada señal se manda a su indicador y graficador correspondiente.

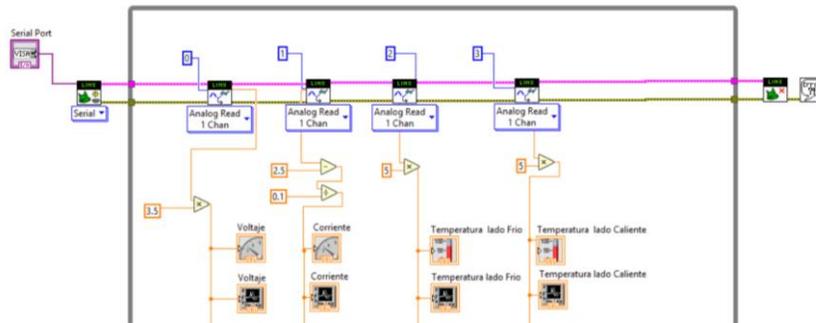


Figura 3.4 Acondicionamiento de señal para mejor resolución

Se realiza una conversión del tipo de dato esto para lograr generar un registro en un documento con formato excel, la conversión es de un dato tipo Array a uno de tipo Dinamico con los valores que ingreso en la entrada el Array. Teniendo la conversión se establecen los atributos de los datos dinamicos.

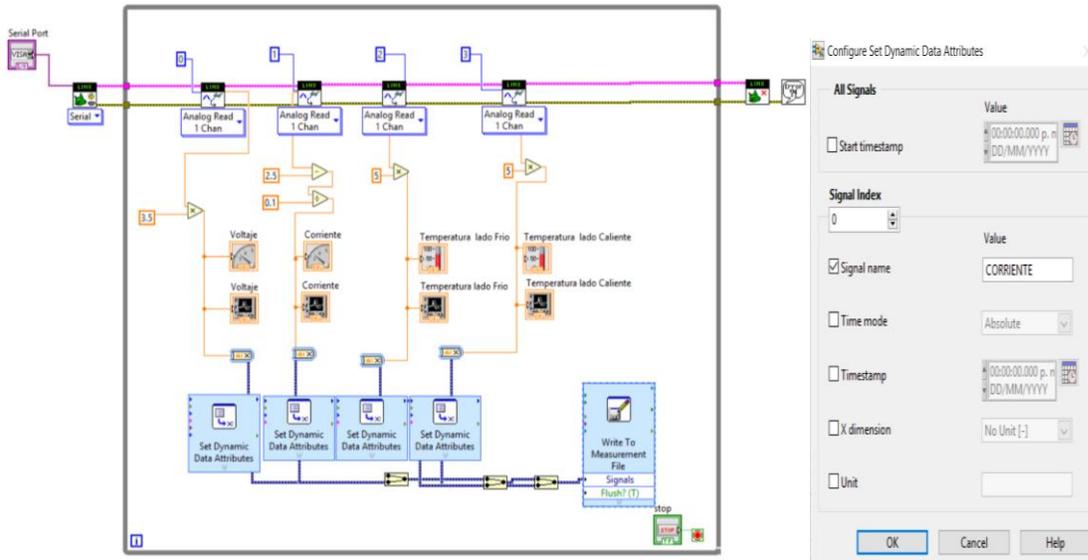


Figura 3.5 Conversión de datos para identificarlos

Al tener cada unas de las señales con sus respectivos atributos para identificarlas se combinan las señales

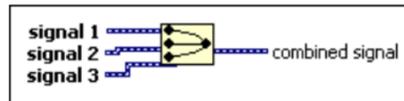


Figura 3.6 Bloque que combina las señales

Para que finalmente en el bloque de escritura de archivo se configura los atributos de la siguiente manera.

Time	VOLTAJE	CORRIENTE	LADO CALIEN	LADO FRIO
10/04/2019 15:10:47.750	4.922688	0.81	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	4.934188	0.8221	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	4.945688	0.8342	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	4.957188	0.8463	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	4.968688	0.8584	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	4.980188	0.8705	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	4.991688	0.8826	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.003188	0.8947	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.014688	0.9068	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.026188	0.9189	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.037688	0.931	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.049188	0.9431	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.060688	0.9552	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.072188	0.9673	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.083688	0.9794	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.095188	0.9915	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.106688	1.0036	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.118188	1.0157	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.129688	1.0278	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.141188	1.0399	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.152688	1.052	149.853516	99.902344
01/01/1904 00:00:00.000	5.164188	1.0641	149.853516	99.902344

Figura 3.7 Configuración del bloque de escritura

Para montar la interfaz en una red de area local se utilizo la herramienta de publicacion

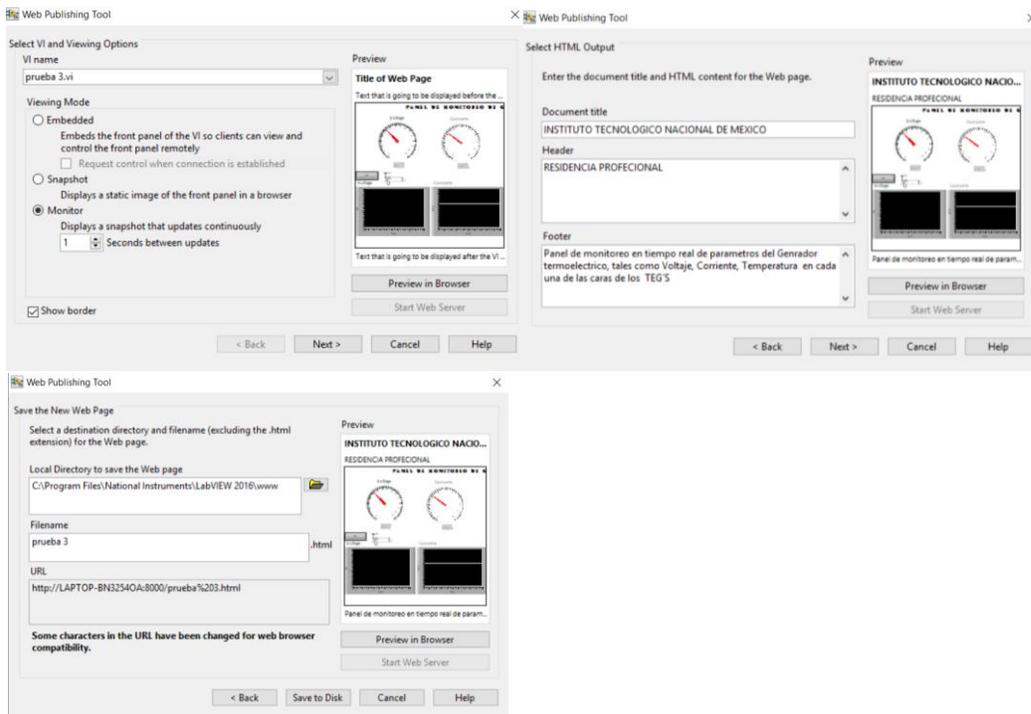


Figura 3.8 Herramienta de publicación

Se crea el instalador para que no se tenga la necesidad de instalar el software de desarrollo LabVIEW se crea una aplicación nueva con la extensión .EXE.

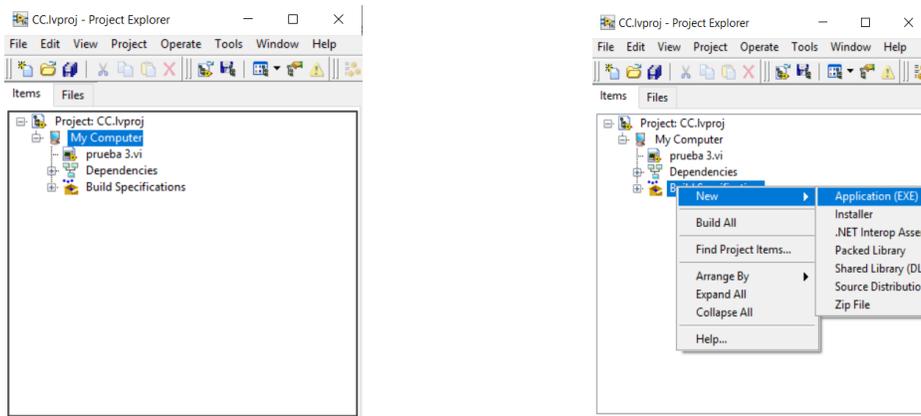


Figura 3.9 Creación de archivo .EXE para instalador

Se configuran los parámetros tales como nombre, destino, archivos que se agregaran así como los complementos que necesite como por ejemplo la comunicación serial mediante NI VISA.

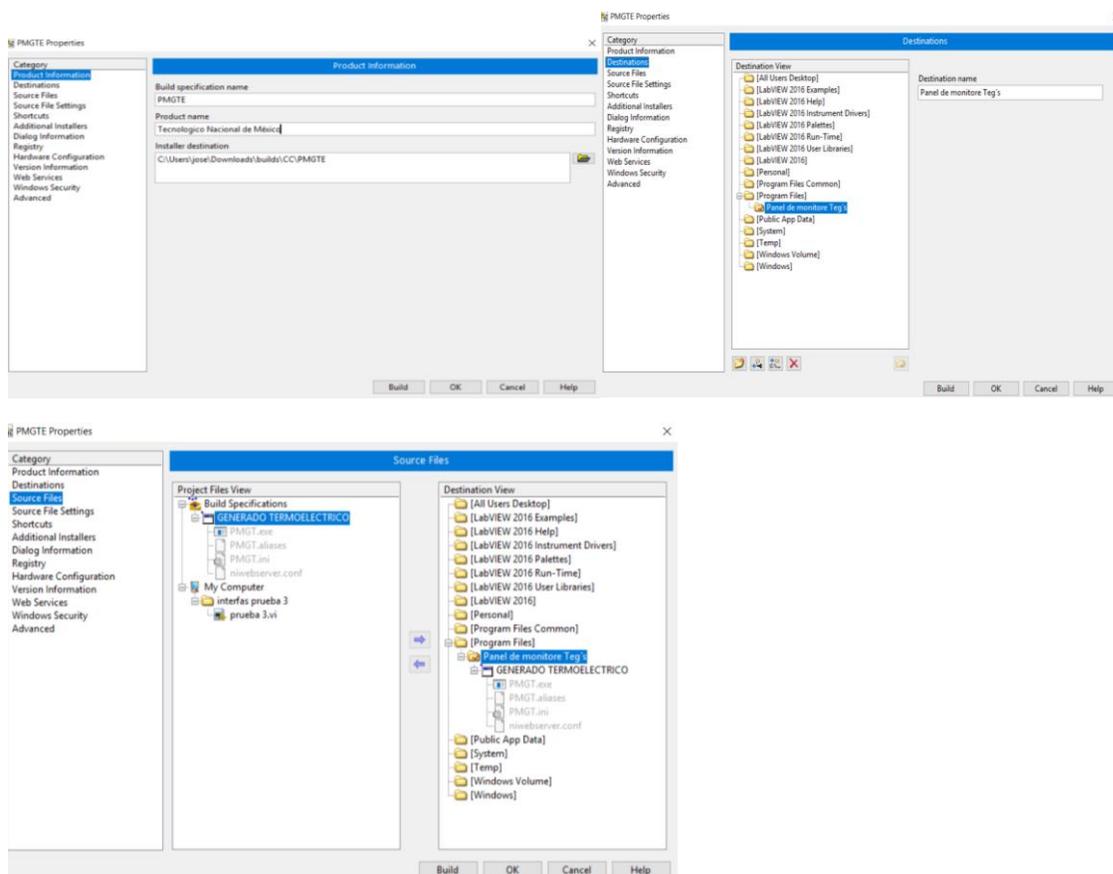


Figura 3.10 Configuración de rutas de instalación para el instalador con NI VISA

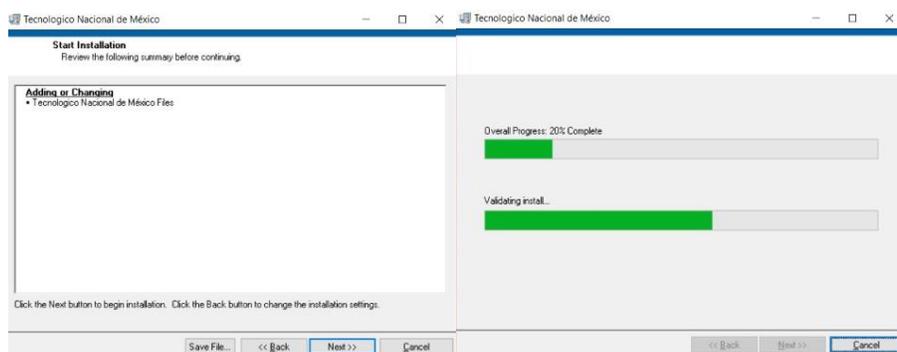
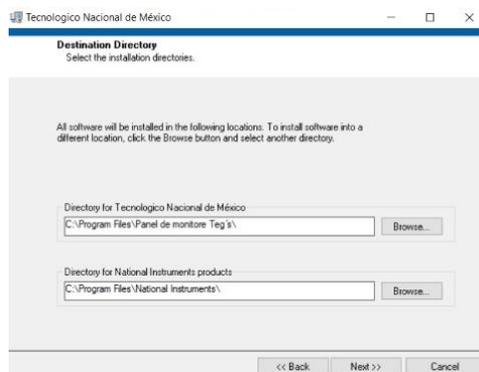
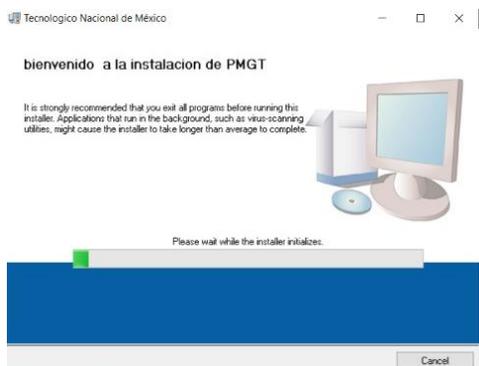


Figura 3.11 Instalación de la aplicación

3.1.2 Estructura de disipador

Sobre el diseño de la base se elaboró con aluminio por su alto coeficiente de transmisión de calor y permite disiparlo de manera efectiva. El diseño está pensado para que pueda contener líquido que mantenga la temperatura fría de manera pasiva, la parte inferior de la base ira contra la cara fría de la celda TEG así conservando su temperatura.

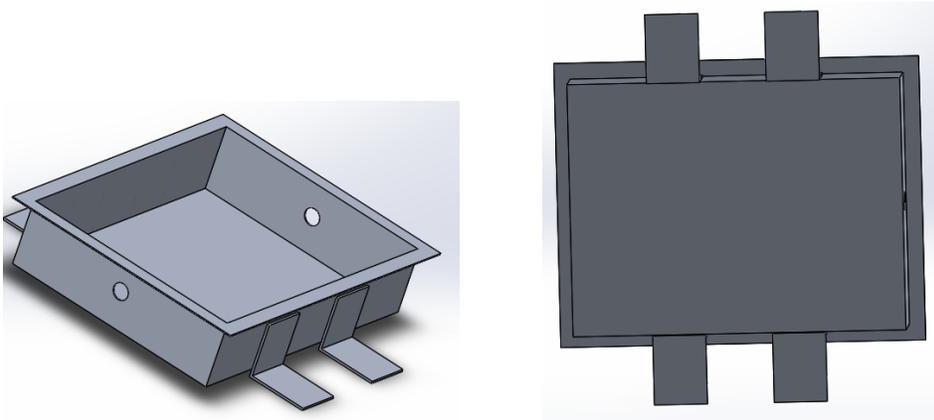


Figura 3.12 Base de disipador de calor

Dentro de la base se colocara otro disipador del tamaño al arreglo de celdas para cubrir mayor superficie disipada y sea más eficiente el efecto del enfriamiento líquido.

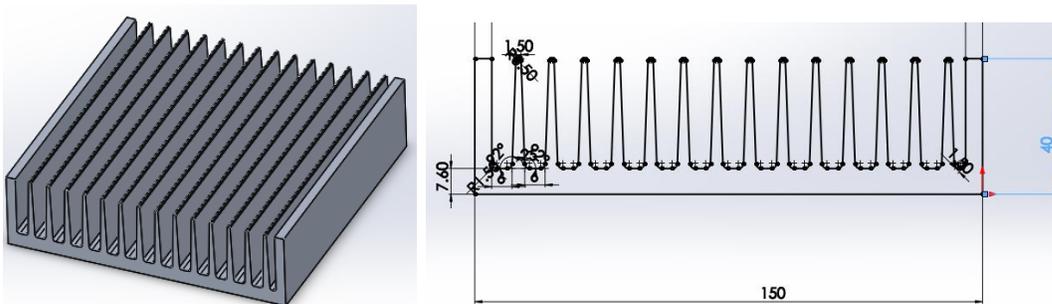


Figura 3.13 disipador y su croquis de diseño

Y sobre la base se colocan dos pasa muros en los laterales para que facilite el vaciado y llenado de líquido en el disipador, y una tapa para que tenga un sellado hermético y evite las fugas de líquido.

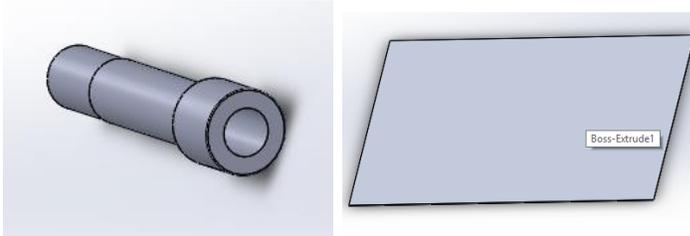


Figura 3.14 pasa muros y tapa de disipador

Ensamblado final del disipador

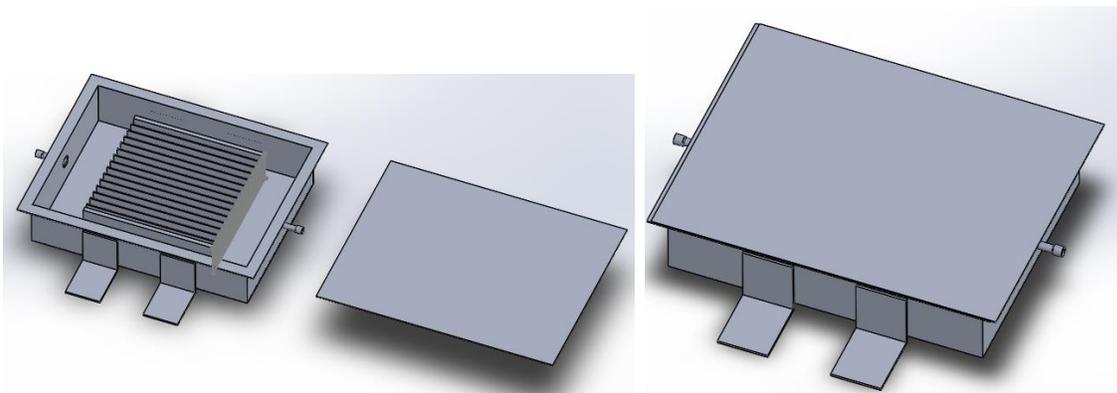


Figura 3.15 Disipador ensamblado

3.1.3 Convertidor boost

Convertidores Boost (Boost converter) son elevadores de voltajes dc-dc, que obtiene a su salida una tensión continua mayor que a su entrada. Es un tipo de fuente de alimentación conmutada que contiene al menos dos interruptores semiconductores (diodo y transistor), y al menos un elemento para almacenar energía (condensador, bobina o combinación de ambos). Frecuentemente se añaden filtros construidos con inductores y condensadores para mejorar el rendimiento.

Existen muchos tipos de convertidores boost, y con diferentes técnicas para la generación de pulsos que van para un mosfet que se usa como interruptor, así como chips especiales que ya elaborarán todo esto en unos solo.

Para nuestras necesidades, como el proyecto es de recolección de energía basado en generadores termoelectrónicos se trata de generar y no de usar, para ello se usó transistores para la elaboración de nuestro convertidor boost.

Para empezar se genera la simulación para ver cómo se comportara nuestro circuito

Materiales usados:

Q1 - Transistor bc557.

R2 – Resistencia de 33kOhm a ¼ watt.

C1 - Capacitor de 220pF, cerámico.

R1 - Resistencia de 100Ohm a ¼ watt.

Q2 - Transistor bc337.

L1 - Inductor 150uH.

D1 - Diodo 1n4148.

C2 - Capacitor 470uF, electrolítico.

Q4 - Transistor bc547.

Q3 - Transistor bc547.

R3 - Resistencia de 100kOhm a ¼ watt.

R4 - Resistencia de 22kOhm a ¼ watt.

R5 - Resistencia de 1kOhm a ¼ watt.

D2 - Diodo led_red.

C3 - Capacitor de 0.47uF, porcelana.

C4 - Capacitor de 0.047uF, porcelana.

U1 - Regulador de voltaje 7812

En la siguiente figura 3.16, se muestra un circuito el cual este funciona utilizando un oscilador (Q1 y Q2) junto con el inductor (L1) para almacenar y liberar energía con la sincronización correcta y regula la salida con la ayuda Q3, Q4 junto con el divisor de voltaje R4 / R5 y el LED que regulan la salida. El Q4 debería cambiar con aproximadamente 0.55-0.59V en la base, por lo que alrededor de 10-12V en la salida según nuestra estimación, asumiendo que el LED cae 2V a 600uA.

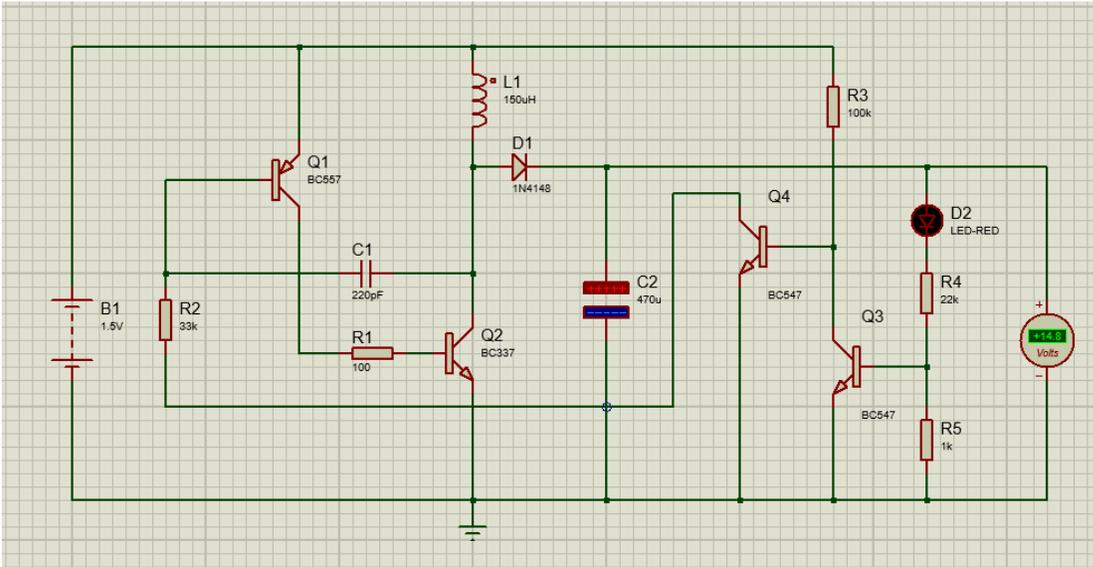


Figura 3.16 Circuito del convertidor boost

En la figura 3.17, se observa el comportamiento de nuestro convertidor boost se puede notar que al simular una celda peltier con una batería que como mínimo al hacer la pruebas obteníamos al menos 1 v de nuestras celdas y ya al alimentar el circuito obtenemos a la salida un voltaje mayor.

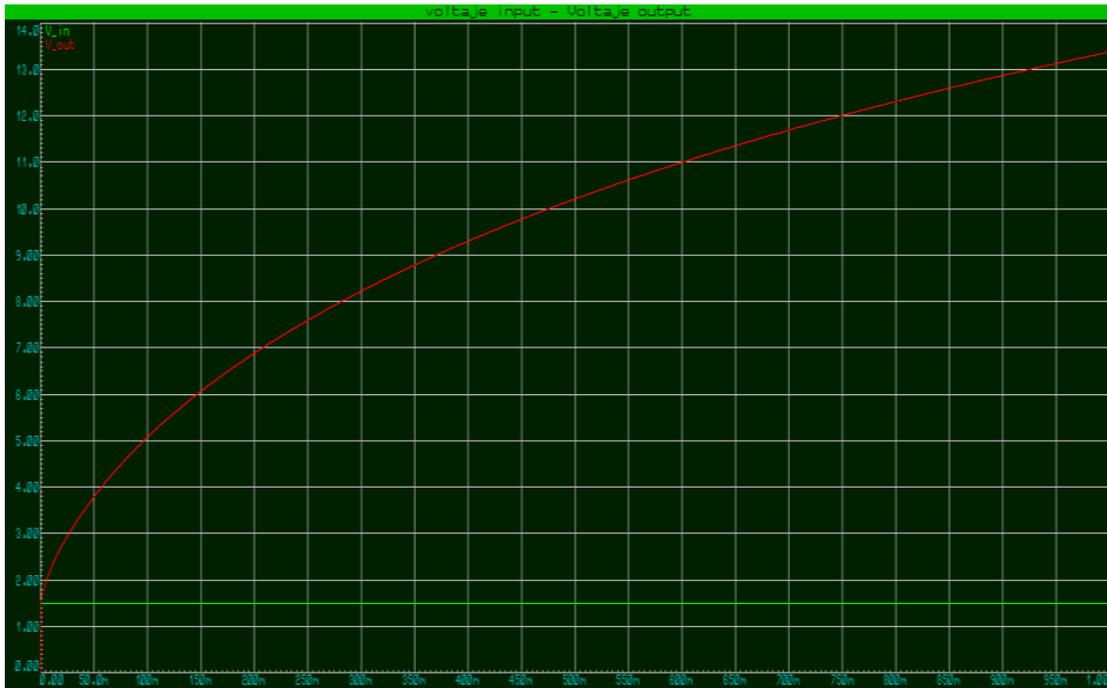


Figura 3.17 Gráfica del convertidor boost

Posteriormente se pasa el diseño al protoboard y se realizan las pruebas para ver el comportamiento de nuestro convertidor.

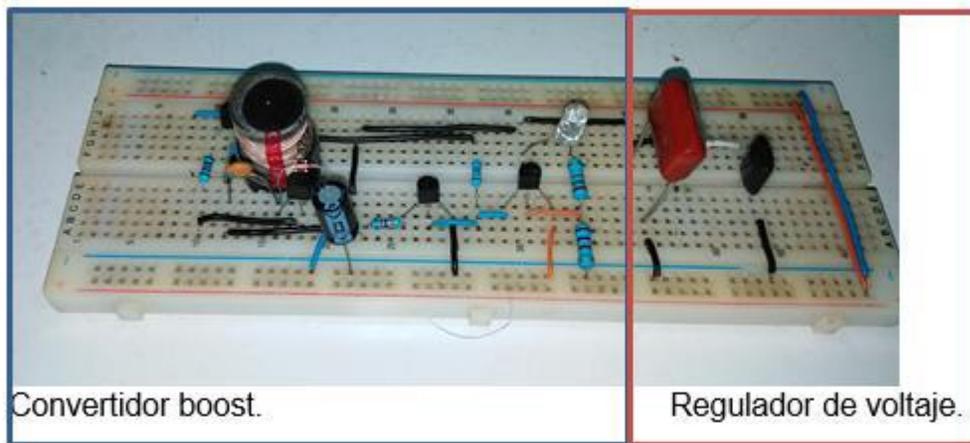


Figura 3.18 Circuito armado en protoboard del convertidor boost

Se muestra cómo se desarrolla el circuito para pasarlo al impreso, el cual se utilizó el programa proteus.

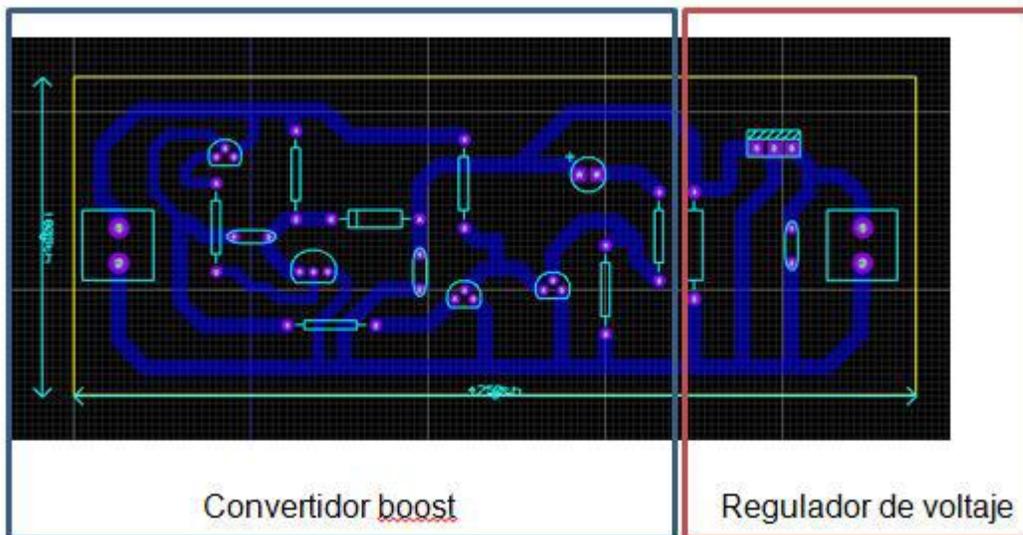


Figura 3.19 Circuito impreso en 3D

A continuación se muestra en la placa fenólica con los componentes soldados.



Figura 3.20 Placa fenólica

3.1.4 Análisis de los datos

En la primera prueba se monitorea el inicio de la prueba para obtener las temperaturas iniciales sin aplicar calor y los parámetros que genera en corriente y voltaje como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 3.1 Monitoreo de de temperaturas(°C) corriente y voltaje

Temp. Cara caliente	Temp. Cara fría	Voltaje entrada	Corriente entrada
26.68	25.94	0.00	0.066
26.72	26.28	0.00	0.066
26.68	26.28	0.00	0.062
26.72	25.94	0.00	0.065
26.72	26.28	0.00	0.064
26.68	25.94	0.00	0.065
26.72	26.28	0.00	0.065
26.68	26.28	0.00	0.065
26.68	25.94	0.00	0.065
26.68	26.28	0.00	0.068
26.68	26.28	0.00	0.061
26.68	25.94	0.00	0.068
26.72	25.94	0.00	0.066
26.68	26.28	0.00	0.067
26.65	26.28	0.00	0.063
26.61	26.28	0.00	0.064
26.58	26.28	0.00	0.058
26.61	26.28	0.00	0.053
26.61	25.94	0.00	0.058
26.58	26.28	0.00	0.063
26.58	26.28	0.00	0.068

26.58	26.28	0.00	0.062
26.58	25.94	0.00	0.062

Los resultados que se aprecian en el monitoreo es que por el efecto de los termoelectricos, la temperatura de lado frio genera una pequeña cantidad de corriente pero aun no logra levantar volts ya que el ambiente en que se hizo la prueba era un área climatizada.

Después se aplica calor en la cara caliente del termoelectrico para observar el efecto de cambio en los valores de voltaje y corriente. Como se muestra en la tabla sig.

Tabla 3.2 Monitoreo acercándose a los 100°C

Temp. Cara caliente	Temp. Cara fría	Voltaje entrada	Corriente entrada
92.06	61.65	1.39	0.300
92.44	62.00	1.32	0.305
92.89	62.00	1.20	0.307
93.44	62.34	1.42	0.311
93.99	62.68	1.25	0.309
94.62	63.02	1.20	0.303
95.13	63.02	1.52	0.312
95.62	63.37	1.44	0.318
96.03	63.71	1.30	0.316
96.55	63.71	1.52	0.316
97.17	64.05	1.42	0.318
97.79	64.39	1.27	0.320
98.24	64.39	1.37	0.314
98.76	64.73	1.20	0.306
99.32	64.73	1.17	0.313
99.84	65.08	1.34	0.315
100.28	65.76	1.54	0.327
100.80	65.76	1.42	0.328
101.43	66.10	1.54	0.328
101.98	66.10	1.64	0.326
102.57	66.45	1.39	0.323
103.05	66.79	1.56	0.324
103.47	66.79	1.69	0.330
103.95	67.13	1.61	0.328
104.34	67.13	1.44	0.329

En este monitoreo se al estar cerca de los 100°C el voltaje oscila en los valores de 1.7 y 1.4 volts y su corriente desde 0.310 A, hasta 0.330 A observando un incremento bastante bueno aunque lento.

El siguiente monitoreo es cuando los termoelectricos alcanzan la temperatura de los 150°C

Tabla 3.3 Monitoreo acercandoc a los 150 grados

Temp. Cara caliente	Temp. Cara fría	Voltaje entrada	Corriente entrada
150.11	105.72	1.91	0.489
150.28	106.07	2.30	0.488
150.53	106.07	2.57	0.492
150.74	106.42	2.61	0.495
150.99	106.42	3.05	0.501
151.20	106.42	2.61	0.496
151.41	106.42	2.91	0.502
151.62	106.42	2.57	0.500
151.94	106.42	2.64	0.491
152.08	106.76	3.15	0.490
152.29	106.76	2.74	0.493
152.46	106.76	2.91	0.486
152.57	107.11	3.18	0.486
152.74	107.11	2.64	0.487
152.92	107.11	2.30	0.490
153.03	107.11	3.20	0.485
153.24	107.46	2.79	0.491
153.41	107.46	2.42	0.491
153.62	107.46	2.93	0.492
153.76	107.46	2.32	0.494
154.01	107.46	3.13	0.494
154.19	107.46	2.59	0.488
154.40	107.46	1.83	0.485
154.61	107.80	1.64	0.485
154.82	107.46	2.74	0.486
155.03	107.80	2.71	0.487
155.24	107.46	3.05	0.494
155.42	107.80	2.47	0.485
155.70	107.80	2.96	0.483
155.95	107.80	3.15	0.481
156.16	107.80	3.10	0.487
156.37	107.80	2.61	0.481

156.62	107.80	3.18	0.488
156.90	107.80	3.27	0.487
157.11	107.80	2.49	0.484
157.39	107.80	3.20	0.493
157.64	107.46	2.81	0.489
157.88	107.46	2.32	0.482
158.09	107.80	1.86	0.488

El incremento en la temperatura hace que el líquido en el disipador se caliente y obtengamos un voltaje máximo de 3.27 volts y la corriente acercándose a .500 por muy poco. Excediendo una temperatura de 180°C el calor disipado hacer que el líquido hierva dentro del disipador y detiene la prueba. El líquido utilizado en esta prueba es agua y la temperatura ala que hierve es a los 100°C.

La prueba es utilizando 4 celdas TEGS, dos pares en serie, y esos mismos pares conectados en paralelo.

3.2 Conclusiones

Se puede concluir que la viabilidad de generar energía de la manera propuesta es bastante alta ya que en las pruebas elaboradas, se manifiesta la efectividad de las celdas recolectando energía, pero optimizar las condiciones son claves para la efectividad del proyecto, un líquido que tenga cualidades de enfriar y tenga un punto de ebullición más alto, con un coeficiente de viscosidad más alto al que nos otorga el agua normalmente. Y la posibilidad del monitoreo remoto a partir de la creación de la aplicación base labview en una red de área local lo hace más seguro de exponerse a altas temperaturas.

3.3 Referencias

- [1] Bollati, E. (Abril, 20017). Generadores termoeléctricos Generación de energía sin partes móviles. Petroctenia.
- [2] Cid Sarria, S. & Rodriguez Rebelo, F. (2011-12). Termoelectricidad. Aplicación de las placas peltier a la generación de energía eléctrica en plataformas flotantes. (Tesis de grado). Aulas Tecnópole. Parque Tecnológico de Galicia San Cibrao da Viñas. Ourense.
- [3] [PDF] Undurraga Almaraz A. (2013-2014).Vialidad de los materiales termoelectricos.(Tesis de grado). Universidad de Barcelona. diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/56105/1/TFM_MERSE_AritzUndurraga.pdf
- [4] Medrano Parra, L., A. (Octubre, 2016). Diseño, construcción y evaluación de un generador termoeléctrico acoplado a una estufa ecológica. (Tesis de grado). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas.
- [5] Departamento de electrónica, automática e informática industrial. *Modelado de una célula de Peltier*. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- [6] [PDF] Características técnicas del Arduino Uno www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ralvgon/.../Características-Arduino.pdf
- [6] [PDF] Un convertidor de potencia dc-dc tipo boost <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038442.pdf>
- [7] Disipador de Calor - Informática básica – Google Sites <https://sites.google.com/site/informaticabasica97/disipador-de-calor>
- [8] OpenHacks.Peltier TEG SP1848 27145. <https://www.openhacks.com/page/productos/id/2368/.../Peltier-TEG-SP1848-27145>
- [9] Álvarez Hernández, V., A. & De La Barrera, H. (Mayo, 2014). Construcción de un prototipo de generador termoeléctrico de estado sólido empleando un concentrador solar. (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. México. D.F.

3.4 Anexos

Código para medir voltajes.

```
int analog_in=0; //puerto a leer
int val=0;// variable donde se guarda la lectura
float voltaje=0;
float volt=0;
//definicion de resistencias
float R1=100000;
float R2=20000;
//definiciones de los puertos y librerias
void setup(){
  Serial.begin(9600);//se inicializa el puerto serial//para escribir lecturas
}
void loop(){
  for(int i=1; i<=1000; i++){
    val = analogRead (analog_in);//se lee el puerto analogico
    delayMicroseconds(10);
    volt=(float) val*5.0 / 1024.0+volt; // se convierte el valor entero a un valor en tension
    // esto se debe a que el ADC entrega un numero entre 0-1024
    71
    //ademas se promedian 100 lecturas para que el resultado sea mas estable
  }
  voltaje=(float)volt/1000.0*(R1+R2)/R2;//convierte a 12v
  Serial.println(voltaje);
  volt=0.0;
}
```

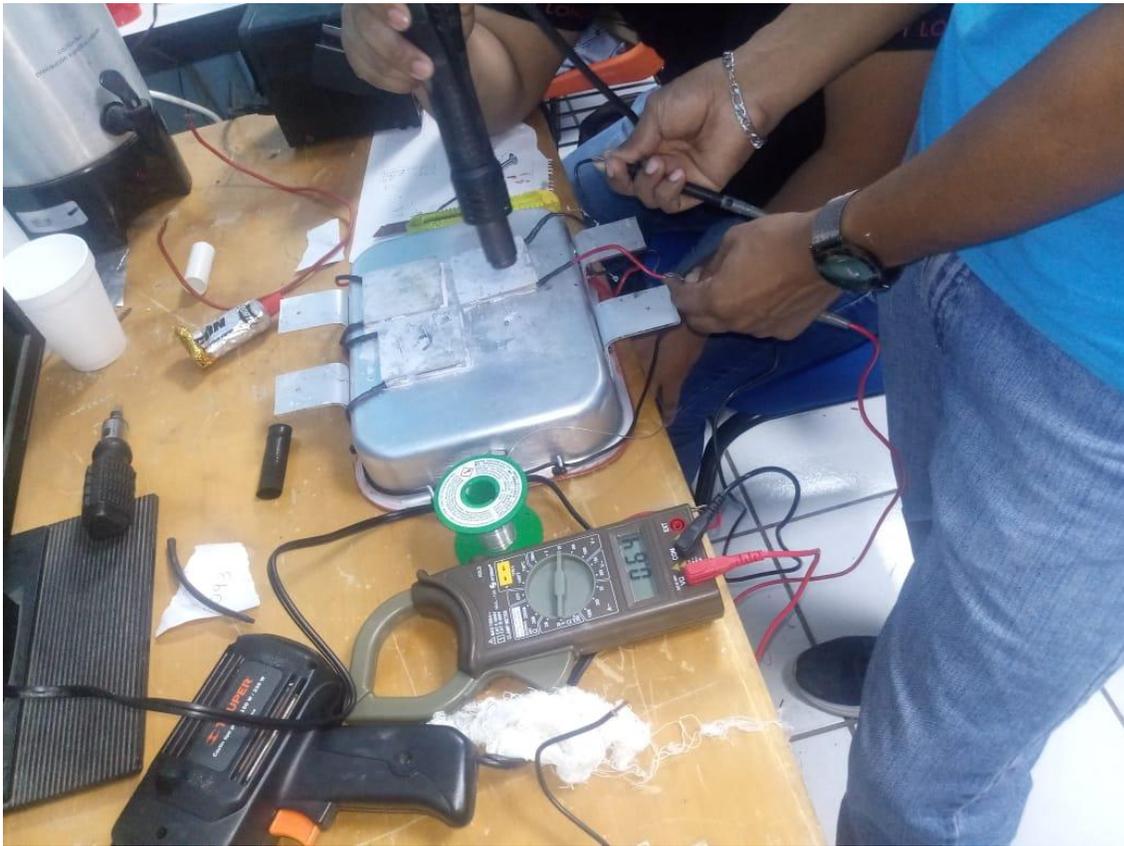


Ilustración 1 Prueba de conexiónado

Costos de los materiales usados para el proyecto.

A continuación se muestran los materiales que se emplearon para su construcción, así como otros elementos que se necesitaron para su elaboración del prototipo todos los materiales son fáciles de encontrar en las tiendas de electrónica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, lo único que no se compró fueron las celdas peltier SP1848-27145 estas se mandaron a pedir fuera del estado se recibió por medio de paquetería.

Tabla 3.4 costos

cantidad	Materiales	Costos \$
4	Celdas peltier	\$ 400
2	Tubos de pasta térmica	\$ 110
1	Transistor bc557	\$ 4
1	Transistor bc337	\$ 4
1	Resistencia de 33kOhm	\$ 0.5
1	Capacitor de 220pF	\$ 6
1	Resistencia de 100Ohm	\$ 0.5

1	Inductor 150uH	\$ reciclado
1	Diodo 1n4148	\$ 6
2	Transistor bc547	\$ 8
1	Resistencia de 100kOhm	\$ 0.5
1	Resistencia de 22kOhm	\$ 0.5
1	Resistencia de 1kOhm	\$ 0.5
1	Diodo led	\$ 2
1	Capacitor de 0.47uF	\$ 8
1	Capacitor de 0.047uF,	\$ 8
1	Regulador de voltaje 7812	\$ 10
1	Capacitor de 470uf	\$ 4
1	Sensor de temperatura lm35	\$ 25
1	Disipador	\$200
1	Lamina de aluminio	reciclado
15	Tornillos	7
Total=		804.5